

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра приладобудування  
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) \_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

на здобуття ступеня магістра  
з напрямку підготовки Приладобудування

на тему: Інтелектуальна система керування рухомими об'єктами

Виконав (–ла): студент (–ка) II курсу, групи ПІ-81мп  
(шифр групи)

Мотруніч Владислав Валерійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник к. т. н. Нечай Сергій Олексійович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант розр. стартапу д. е. н. Бояринова К. О.  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к. т. н. Шевченко Вадим Володимирович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

## ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	МД ПІ81мп10. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	75	
3	A1	МД ПІ81мп10. 01.000 СК		1	
4	A1	МД ПІ81мп10. 02.000 ТК		1	
5	A1	МД ПІ81мп10. 03.000 ЕК		1	
6	A1	МД ПІ81мп10. 04.000 ТК		1	
7	A1	МД ПІ81мп10. 01.000 ТК		1	
8	A1	МД ПІ81мп10. 02.000 ТК		1	
9	A1	МД ПІ81мп10. 03.000 ТК		1	
10	A1	МД ПІ81мп10. 04.000 ТК		1	

				МД ПІ81мп.10.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість магістерської дисертації	Лист	Листів
Розробн.	Мотруніч				1	1
Керівн.	Нечай				«КПІ імені Ігоря Сікорського» Каф. _____ Гр. <u>ПІ-81мп</u>	
Консульт.						
Н/контр.	Нечай					
Зав.каф.	Киричук					

# **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПISKA**

## **до дипломного проекту**

на тему: Інтелектуальна система керування рухомими об'єктами

---

---

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Приладобудівний факультет  
(повна назва)

Кафедра Кафедра приладобудування  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Напрямок підготовки 152. Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка  
(код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Мотруніч Владислав Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Інтелектуальна система керування рухомими об'єктами

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ,

керівник проекту к. т. н. Нечай Сергій Олексійович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2019 р. № 3848-с

2. Термін подання студентом проекту 06 грудня 2019

3. Вихідні дані: безконтактне керування, визначення положення об'єкту  
у просторі, відео зйомка по команді

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки Перелік умовних скорочень, Вступ,  
Огляд літератури, Математична модель, Структурна схема,  
Стартап-проект, Висновки, Джерела

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників,

плакатів, презентацій тощо) Складальний кресленик А1, Деталювання А1, Схема підключення А1, 3д-модель А1, Презентаційний лист А1, Структурна схема А1, Функціональна схема А1, Граф А1

6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	д. е. н. Бояринова К. О.		

7. Дата видачі завдання 30.10.2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд літератури за темою	30.10.19-10.11.19	
2	Розробка математичної моделі системи	08.11.19-25.11.19	
3	Розробка програмного забезпечення	14.11.19-06.12.19	
4	Оформлення магістерської дисертації	20.11.19-08.12.19	
5	Передача матеріалів МД до бібліотеки	06.11.19	
6	Передача МД на перевірку схожості та збігів текстів	09.11.19	
7	Представлення МД на рецензію	13.12.19	
8	Представлення МД до екзаменаційної комісії НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»	19.12.19	
9			

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В. В. Мотруніч

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

С. О. Нечай

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_  
\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

## АННОТАЦІЯ

Обсяг роботи — 80 с.;

Кількість ілюстрацій — 10;

Кількість таблиць — 24;

Кількість джерел — 53.

Об'єктом розробки стала система керування рухомими об'єктами.

Предмет роботи – керування квадрокоптером за допомогою жестів.

Метою даної роботи є розробка інтелектуальної системи керування рухомими об'єктами. Тобто створення системи керування квадрокоптером за допомогою жестів.

Робота є актуальною для використання у військових цілях (розвідка), для поліпшення операторської діяльності з меншою кількістю операторів, для навчання та задля любительської зйомки (альпіністи тощо).

Система потребує значно менших ресурсів для обчислення і при цьому працює значно швидше, хоч і з дещо меншою точністю, тому кількість жестів, що розпізнаються, обмежена. Система не вимагає попереднього використання алгоритмів машинного навчання та є значно дещо у порівнянні з розробками конкурентів.

## **ABSTRACT**

The object of development was the system of management of moving objects.

The object of the work is to control the quadcopter using gestures.

The purpose of this work is to develop an intelligent motion control system. That is, creating a quadcopter control system using gestures.

The work is relevant for military use (reconnaissance), for improving operator operations with fewer operators, for training and for amateur shooting (climbers, etc.).

The system requires much less resources to calculate, and it works much faster, though with slightly less precision, so the number of recognizable gestures is limited. The system requires no prior use of machine learning algorithms and is much smaller than competitors' designs.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП .....	8
1. ВИДИ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ З ОБ'ЄКТАМИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТАКИХ ОБ'ЄКТІВ У ПРОСТОРИ .....	9
1.1. GSM .....	9
1.2. ZigBee .....	10
1.3. 6LoWPAN.....	17
1.4. GPS.....	20
1.5. Galileo .....	24
2. РОЗРОБКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ .....	29
2.1. Математична модель.....	29
2.2. Структурна схема.....	46
3. РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	47
3.1. Опис ідеї проекту .....	47
3.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	49
3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	51
3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту .....	62
3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	66
3.6. Висновки до розділу .....	71
ВИСНОВКИ.....	73
ДЖЕРЕЛА .....	74



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

СО – складальна одиниця

МНК – метод найменших квадратів

АНК – аналіз незалежних компонент

АГК – аналіз головних компонент

ВГ – вільний гіроскоп

ДГ – диференціальний гіроскоп

БПА – безпілотний апарат

П – підсилювач

ЖЗЗ – жорсткий зворотній зв'язок

РМ – рульова машина

					МД ПІ-81м. 10.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

В сьогоднішні дистанційно керовані літальні апарати використовуються ледь не всюди. І з кожним днем перспективи та галузі застосування дистанційно керовані літальні апарати лише розширюються, і в свою чергу ці технології лише розвиваються.

За останні декілька років інтерфейси користувача та вимоги експлуатації сильно спростилися, це зумовило перехід високих технологій, таких як квадрокоптери, у категорію споживчих продуктів.

На сьогоднішній день для керування більшістю дистанційно керованими літальними апаратами не має необхідності у різноманітних глибоких пізнаннях та інженерних навичках.

Наприклад китайська компанія DJI, що тримає під контролем майже три чверті світового споживчого ринку, демонструє чудовий приклад: їх квадрокоптери за принципом керування подібні до дитячих радіокерованих вертольотів, тощо, тому вони прості у освоєнні навіть дітьми [1].

Наразі перспективним напрямком для розвитку інформаційних технологій є, в першу чергу, розробка нових способів забезпечення інтерфейсу людина та машина. Тому перед розробниками подібних до таких інтерфейсів насамперед ставиться задача використання природних для людини методів спілкування з комп'ютерами. Враховуючи всі імовірні перешкоди та наявність якихось шумів в навколишньому середовищі, перевага надається саме системам на основі комп'ютерного зору. Особливо перспективними для побудови інтерфейсів керування програмним та апаратним забезпеченням комп'ютерів є жести [1]. Перевага такого інтерфейсу на основі комп'ютерного полягає у тому, що жести дозволяють нам розширити можливості інтерфейсу для людей і з вадами слуху, і мови, та забезпечити їм дистанційне управління різними пристроями.

# 1. ВИДИ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ З ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТАКИХ ОБ'ЄКТІВ У ПРОСТОРИ

## 1.1. GSM

GSM наразі являється глобальним цифровим стандартом для мобільного стільникового зв'язку, що в свою чергу розподіляє канали за принципом TDMA зі шляхом шифрування з відкритим ключем і тому з досить високим ступенем безпеки [2].

GSM відноситься до бездротових мереж другого покоління, та в Україні наразі він перебуває у стадії близько 3.5G (частково присутній 4G, переважно у обласних центрах та великих містах) та являється найбільш розповсюдженим стандартом мобільного стільникового зв'язку абсолютно в усьому світі.

Більшість вітчизняних мереж стандарту GSM працюють в діапазоні дуже близькому до 900 МГц по нижній межі та близькому до 1800 МГц за верхньою межею. Діапазон від 890 ГГц до 915 ГГц використовують для зв'язку між терміналом та базовою станцією зв'язку, в той час як діапазон близько 935-960 МГц використовують виключно для зв'язку від базової станції до терміналу[2].

Можливості [2-3]:

- прийом та передача різноманітної голосової інформації;
- підсистема комутацій;
- передача невеликих текстових чи мультимедійних повідомлень;
- синхронна й асинхронна передачі даних та передача пакетів даних;
- підсистема базових станцій;

					МД ПІ-81м.10.000 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- визначення або ж повне обмеження визначення вхідного номеру;
- конференційний зв'язок між декількома абонентами.

Переваги [2-4]:

- при достатній зоні покриття базових станцій буде дуже хороша якість мобільного стільникового зв'язку;
- дуже велика ємність та широка пропускна спроможність мережі;
- на цьому частотному діапазоні досить низький рівень різноманітних індустриальних перешкод;
- порівняно вища енергоефективність та значно менші габаритні розміри та вага системи, у порівнянні з подібними аналоговими стандартами бездротового зв'язку у мережі;
- і присутній мінімальний захист інформації від прослуховування;
- наявність роумінгу мережі.

Недоліки [5]:

- при цифровій обробці і подальшій передачі мова спотворюється;
- навіть використовуючи різного роду підсилювачі та спрямовані антени, все одно зв'язок можливий лише на відстані не більше близько ста двадцяти км від найближчої базової станції зв'язку.

## 1.2. ZigBee

ZigBee на сьогоднішній день являє собою розповсюджений стандарт для набору протоколів найвищого з рівнів зв'язку, та використовує виключно малі трансивери та трансивери малої потужності, що в свою чергу засновані на базі поширеного стандарту IEEE 802.15.4 від 2006 року використовуваного лише для особистих бездротових мереж [6].

Дана технологія розроблена з таким наміром, щоб бути більш доступною

					МД ПІ-81м. 10.000 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

у своєму використанні та у ціні, в порівнянні з такими персональними мережами, як Bluetooth або іншими. ZigBee спеціально розроблено для радіочастотних пристроїв з великою необхідністю безпеки передачі даних в мережі та довготривалою роботою від внутрішнього акумулятора.

Переваги [7]:

- мережі ZigBee є комірковими mesh-мережами, відповідно їм притаманне повне самовідновлення маршрутів мережі, тому доставка всіх пакетів даних гарантована, навіть у випадку повного розриву зв'язку між окремими вузлами мережі через появу якихось перешкод, перевантажень або повного виходу з ладу певних вузлів.

- захист криптографічних даних передбачений специфікою ZigBee, що має Достатньо гнучку політику безпеки;

- в свою чергу, через те, що це коміркова мережа. вона є такою , що самостійно організовується, а в її структуру завчасно задано параметри профілю стеку конфігуратору і тому вона формується автоматично, саме шляхом приєднання до мережі або ж повторного приєднання до тих пристроїв, що утворюють її бездротову мережу. Саме це забезпечує легкість до впровадження такої мережі та простоту її масштабування саме шляхом простого приєднання до неї нових пристроїв такої мережі;

- пристрої ZigBee є доволі низької вартості, вони доволі компактні;

- також шляхом здійснення зв'язку у бездротовій мережі ZigBee є така послідовна ретрансляція пакетів даних від одного вузла джерела до іншого вузла адресата. Передбачено ще декілька альтернативних алгоритмів для маршрутизації у мережі, їх вибір визначається повністю автоматично і без участі користувача у цьому;

- можливість для використання каналів у декількох частотних діапазонах мережі для більшої ефективності системи. Найбільша надійність

					МД ПІ-81м. 10.000 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

такої мережі та найвища швидкість досягаються у діапазоні саме від 2.4 ГГц аж до 2.48 ГГц, де заздалегідь передбачено до 16 каналів, 5 МГц кожен з них.

Недоліками є наступне [8]:

– досить низька швидкість передачі даних у такій мережі (максимальна швидкість передачі даних становить менше ніж 250 кбіт/с, тому усереднена швидкість передачі тих самих даних в залежності від числа ретрансляцій у даній мережі та завантаженості мережі в цілому становитиме близько від 5 до 40 кбіт за секунду);

– порівняно не велика відстань між РС (тобто близько декілька сотень метрів на відкритому просторі без перешкод, та лише декілька десятків метрів всередині приміщень зі стінами), але зону покриття подібної мережі можна розширити за рахунок ретрансляцій даних;

ZigBee мережі будуються із базових станцій трьох основних типів, до них входять координатори, ще маршрутизатори і відповідно кінцеві пристрої.

Координатор запускає мережу ZigBee та здійснює керування нею. Також він бере на себе обов'язки по формуванню мережі та виконує функції центру керування мережею та trust-центру, в свою чергу за допомогою котрого саме координатор встановлює безпеку політики подібної бездротової мережі, а також задає налаштування в процесі приєднання різних пристроїв до такої мережі, також він вводить ключі безпеки у систему.

Маршрутизатор транслює у собі різні пакети даних, також він здійснює динамічну маршрутизацію, після чого відновлює маршрути передачі даних у бездротовій мережі при перевантаженні в такої мережі або при відхиленні будь-якого із пристроїв такої бездротової мережі. Тому при формуванні подібної мережі маршрутизатори і приєднуються саме до координатора або ж інших маршрутизаторів на вибір, і ще можуть приєднувати інші пристрої – це маршрутизатори і пристрої кінцевого споживача. Маршрутизатори працюють

безперервно та мають живлення від стаціонарних акумуляторів або ж мережі та можуть обслуговувати пристрої, що знаходяться в режимі очікування котрі не активні наразі. Маршрутизатор може обслуговувати до 32 пристроїв, що очікують водночас [9].

Кінцевий пристрій такої мережі може приймати та відправляти різноманітні пакети даних, але в той же час він взагалі не займається ні їх передачею, ні їх маршрутизацією в мережі. Кінцеві пристрої мережі у свою чергу можуть підключатися до координатора мережі або до маршрутизатора мережі, але в той же час вони не мають дочірніх пристроїв у даній мережі.

Кінцеві пристрої такої мережі цілком можуть переводитися в режим сну задля економії заряду своїх акумуляторів. Саме ці кінцеві пристрої мають справу із різноманітними сенсорами й модулями, локальними контролерами та іншими виконавчими механізмами у подібній бездротовій мережі ZigBі.

Як мною було сказано раніше, саме мережа ZigBee – повністю самоорганізуюча, саме тому її робота і починається з власного формування. Пристрій у такій мережі, призначений при своєму проектуванні саме координатором персональної мережі (тобто PAN-координатор), визначає такий канал, котрий у цей час найбільш вільний від різного роду перешкод, і водночас очікує до себе запитів на підключення різних пристроїв [10].

Ті пристрої, котрі самі намагаються приєднатися до такої мережі, розсилають певний циркулярний запит. Доки якийсь PAN-координатор – це єдиний пристрій в такій мережі, у свою чергу відповідає на запит і дає приєднатися до цієї мережі лише він і ніхто інший. Надалі ж приєднання пристроїв до мережі можуть надавати також і інші вже приєднані до цієї мережі маршрутизатори та пристрої у такому режимі.

Той пристрій, котрий у свою чергу отримав до себе відповідь на циркулярний запит пристрою, обмінюється із заздалегідь приєднаним до нього

іншим пристроєм певними службовими повідомленнями, для того щоб він міг визначити можливість приєднання до цього пристрою. Саме можливість приєднання такого нового пристрою і визначається певною здатністю вже приєданого заздалегідь маршрутизатора в тому, що він може обслуговувати сам нові пристрої включно з вже раніше підключеними до нього пристроями.

Тому існує лише два способи приєднання пристроїв: MAC-асоціація фізичної адреси такого пристрою та ще повторне мережеве приєднання його.

MAC-асоціація пристрою доступна будь-якому пристрою в такій бездротовій мережі технології ZigBee і здійснюється на своєму MAC-рівні моделі OSI. Механізм MAC-асоціації наступний за функціоналом:

Пристрій, що дозволяє будь-якому новому пристрою мережі приєднатися до цієї мережі, виставляє на мак-рівні дозвіл приєднання до себе.

Пристрій, котрий наразі вже вступає в цю мережу, виставляє на мак-рівні запит для свого приєднання і надає у собі циркулярний запит маячка.

Тому отримавши такий маяковий запит від інших пристроїв, готових вже підключити цей пристрій, останній з них і визначає, в яку ж саме мережу і до якого ж саме пристрою воно зараз бажає або ж наразі може приєднатися точно, і виставляє на мак-рівні певну вимогу за вступ із прапорцем значення «повторне приєднання» пристрою в значенні 0 або ж FALSE і лиш так [7-10].

Також після цього пристрій, що вступає в мережу бездротового зв'язку новий пристрій направляє собою на обраний заздалегідь для приєднання модуль запит про поєднання і отримує відповідь з присвоєною виключно для нього мережевою адресою.

При MAC-асоціації дані з глобальної мережі будуть передаватися через не зашифрований канал, тому MAC-асоціація не є безпечною.

А при повторному мережевому з'єднанні у супереч своїй назві може застосовуватися ще й при первинному приєднанні такого пристрою до певної

					МД ПІ-81м. 10.000 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



мережі зв'язку. Воно повністю виконується на мережевому рівні системи. При цьому ж, якщо вступаючий в цю мережу пристрій має в наявності поточний мережевий ключ, в такому випадку обмін пакетами може бути безпечним. Ключ в свою чергу можна отриманий, наприклад, під час налаштування [9-11].

А також при повторному підключенні в мережу пристрій, котрий ми приєднуємо, провокує на мережевому рівні запит для приєднання і обмінюється з включеним пристроєм пакетами «запит поєднання» - «у відповідь на цей запит поєднання». Окрім випадків, коли до даного приєднуються нові пристрої до мережі, в цьому випадку структура мережі змінюється і в тих випадках, в цей час пристрої залишають мережу, а після цього повторно приєднуються також і в інших місцях системи (це відбувається, наприклад, у тому разі, коли є перезавантаження пристрою) [11].

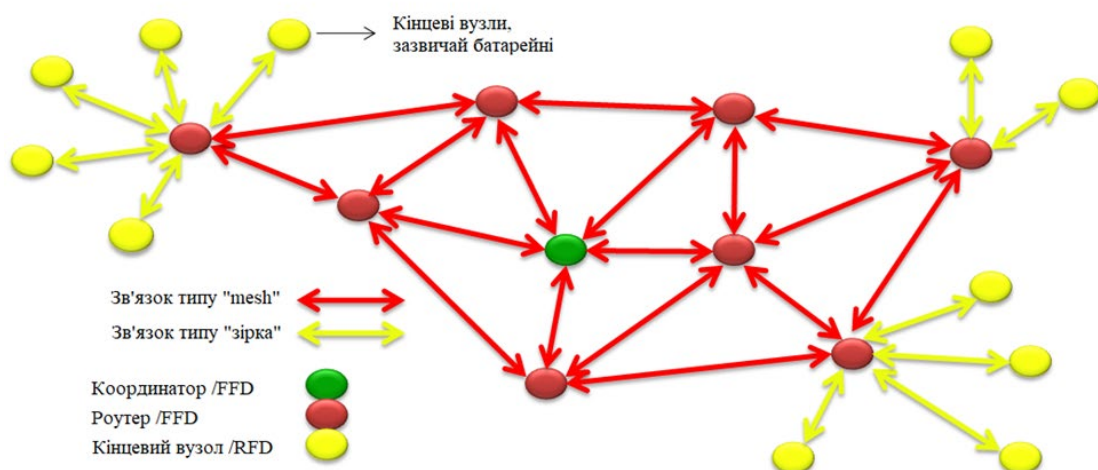


Рис. 1.1 Структура типової мережі ZigBee

Координатор – це такий вузол бездротової мережі, котрий і організував цю саму мережу. Саме він і робить вибір що до політики безпеки подібної мережі бездротового зв'язку, тобто дозволяє або в певному разі забороняє підключення до цієї бездротової мережі повністю нових пристроїв, котрі тут

вперше, а також він при наявності якихось перешкод такої мережі в своєму радіоефірі координатор ініціює собою певний процес перекладу всіх пристроїв даної мережі на якийсь інший частотний канал для певнішого обміну даними.

Роутер – це, в свою чергу, також іншими словами вузол бездротової мережі зв'язку, котрий має стаціонарне живлення системи від мережі, отже роутер може абсолютно постійно приймати участь в роботі мережі. Координатор також в свою чергу є роутером. На вузлах мережі даного типу лежить відповідальність за правильні маршрутизації мережевого трафіку. Роутери постійно підтримують спеціальні протоколи маршрутизації, що використовуються за для прокладання по мережі найкращого маршруту і пошуку якогось нового, якщо раптом якийсь пристрій подібної мережі вийшов з ладу і тощо. Роутерами, наприклад, в мережі ZigBee ще можуть використовувати розумні розетки, блоки керування різними освітлювальними приладами або ж будь-який інший прилад, який має вхід до мережі електроживлення [7-11].

Кінцевий пристрій - це пристрій, що підключається до подібної мережі зв'язку через батьківський вузол – тобто роутер або координатор мережі - і зовсім не бере участі в маршрутизації трафіку даних. Все спілкування з мережею для таких пристроїв спеціального призначення обмежується передачею пакетів виключно на «батьківський» вузол такої мережі або розшифровкою даних мережі, що надійшли з нього ж до них. «Батьком» для таких пристроїв актуальним є будь-який роутер або маршрутизатор [6-11].

Кінцеві пристрої більшу частину часу перебувають у режимі очікування і відправляють виключно управляюче або інформаційне повідомлення у мережі зазвичай тільки по певній передбаченій заздалегідь події (активуванні кнопки вимикача, відкриття вікна або двері). Це дозволяє їм на довго накопичувати енергію вбудованого джерела живлення.

### 1.3. 6LoWPAN

Протокол 6LoWPAN, повністю так само як і ZigBee, в Україні є одним з найбільш розповсюджених в наші часи типів коміркових мереж [9].

Початок розглянення даного протоколу 6LoWPAN варто розпочати з мережевої моделі системи класифікації OSI/ISO, виключно задля наглядного розуміння усіх його відмінностей від минулого розглянутого нами ZigBee [10].

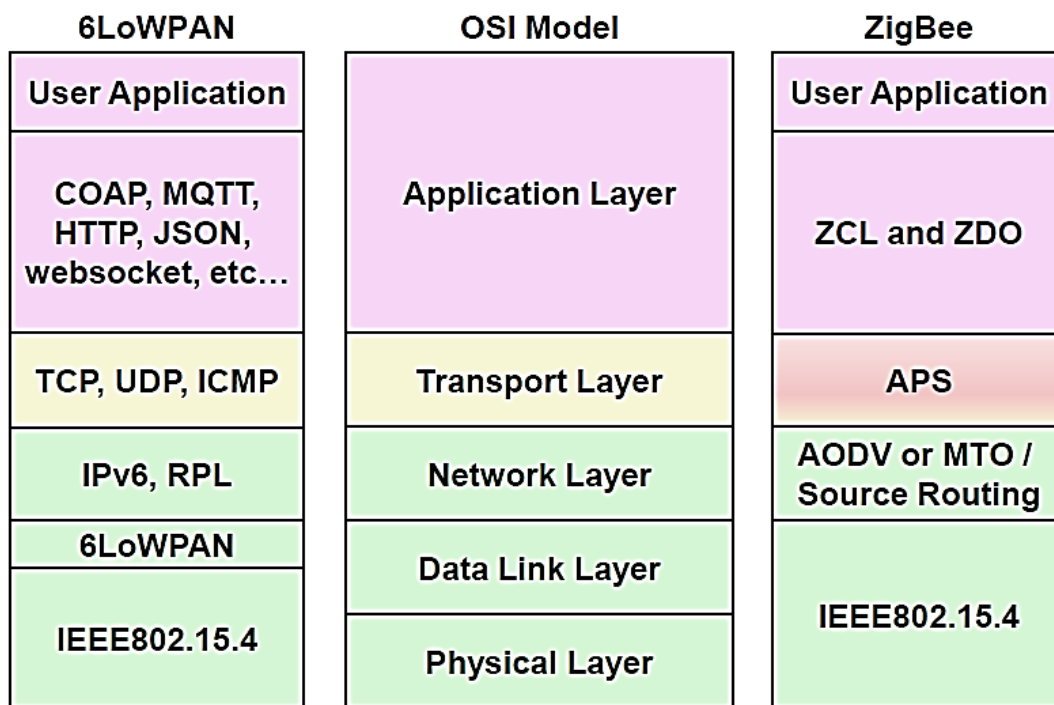


Рис. 1.2 Приклад типової моделі OSI для мереж ZigBee та 6LoWPAN

Виходячи з того, що ми можемо бачити на Рис. 1.2, такий протокол 6LoWPAN знаходиться приблизно між другим та третім рівнями класифікації OSI (тобто це каналний та мережевий підрівні цієї моделі), в той час як мережевий стандарт ZigBee також розташований і в діапазоні близько з третього по шостий рівні системи OSI, це Мережевий-Представницький рівні. В цьому і полягають основні відмінності, але це далеко не всі їх відмінності.

6LoWPAN (з англ. розшифровується IPv6 over Low Power Wireless

Personal Area Network) мережа бездротового зв'язку відноситься саме до point-to-multipoint бездротових мереж та повністю використовує такі відкриті і дуже розповсюджені в Україні та світі стандарти, як HTTP, TCP, UDP, MQTT, COAP, і ще web-sockets визначені IETF. Використовується ними стандартна для усіх приладів адресація IP між усіма вузлами і це не вимагає шлюзу, як окремий пристрій; роутер включає мережу 6LoWPAN до IP-мереж (традиційного інтернету). 6LoWPAN також є самовідновною мережею [11].

За протоколом 6LoWPAN ми також можемо отримувати високу гнучкість налаштувань мережі, таких як наприклад, з'єднання між пристроями може оптимізуватись також за такими критеріями як мінімізації довжини шляху, або ж зменшення кількості стрибків у мережі, або ж ще за максимальною серед них якістю з'єднання у мережі. Мережа 6LoWPAN має чудову взаємодію на такому рівні як IP, вільна за для вибору частотного діапазону та ще для вибору фізичного рівня, та може легко використовуватись через деякі розповсюдженні у нас платформи зв'язку, що можуть використовуватися, такі як суб гігагерцова частота Wi-Fi, 802.15.4, Sub-1 ГГц ISM діапазону [9-11].

Типи пристроїв 6LoWPAN: роутер, граничний роутер та ще хост.

					МД ПІ-81м. 10.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

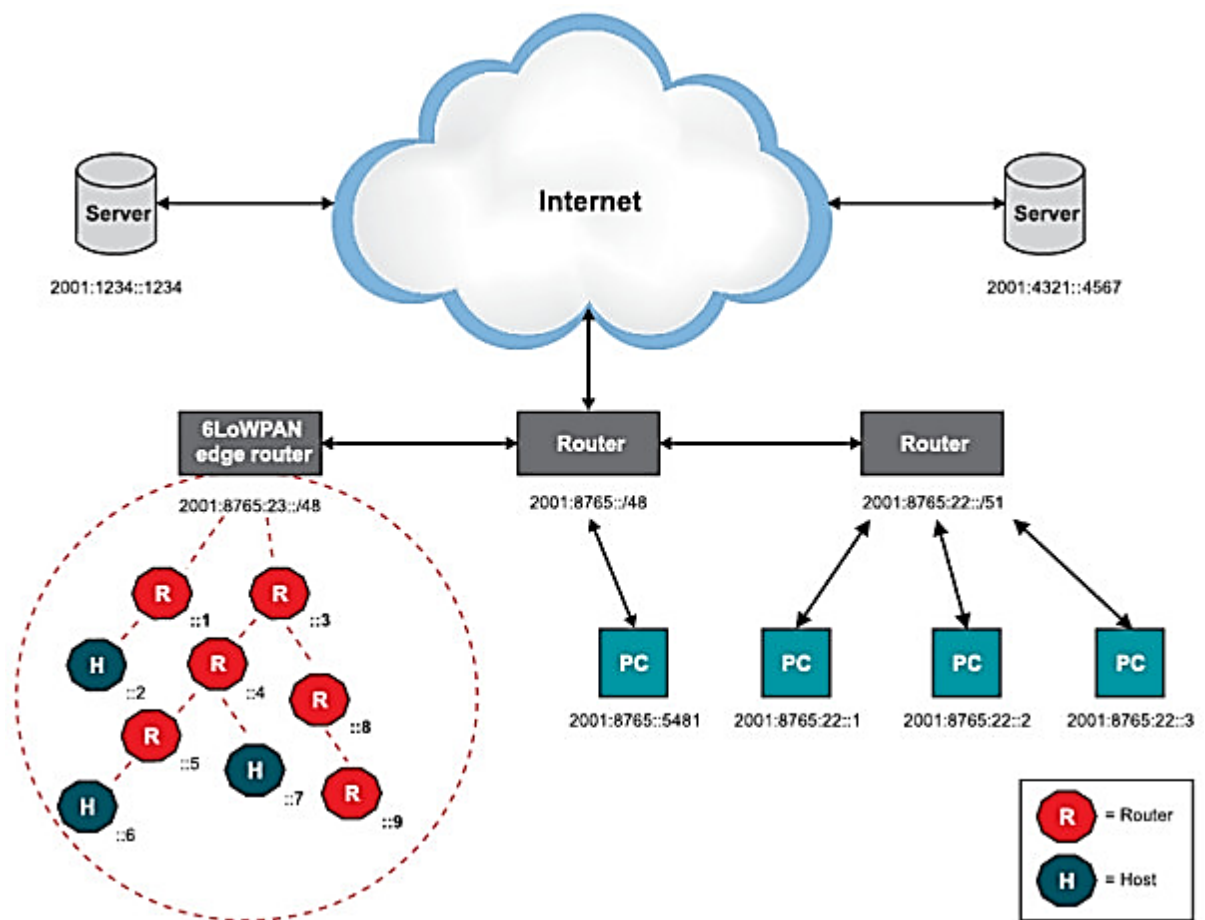


Рис. 1.3 Приклад IPv6 мережі з використанням коміркової мережі 6LoWPAN

На цьому Рис. 1.3 зображений приклад наглядної мережі IPv6, що в свою включає коміркову mesh-сітку 6LoWPAN. Висхідні канали в інтернет простір забезпечуються точкою доступу (AP), що діє немов маршрутизатор IPv6 мережі бездротового зв'язку. В типовій конфігурації такої мережі до точки доступу легко підключаються декілька абсолютно різних пристроїв, по типу ПК та ноутбуків, серверів та інших пристроїв, тому 6LoWPAN-мережа щільно зв'язана з IPv6-мережею при допомозі використаного граничного маршрутизатору (edge router). Граничний маршрутизатор в свою чергу виконує три дії: 1) це обмін даними з'єднання між пристроями 6LoWPAN та між Інтернетом (ну або будь-якою іншою IPv6-мережею зв'язку), локальний обмін такими даними між цими пристроями в 6LoWPAN-мережі зв'язку та

формування й подальше обслуговування радіо-підмережі типу 6LoWPAN.

Перевагами подібної мережі зв'язку є наступне [10]:

- відкриті стандарти IP зв'язку;
- коміркова маршрутизація мережі бездротового зв'язку;
- підтримка широкого набору усіх стандартів фізичного рівня OSI;

Недоліками є [12]:

- адреси ті заголовки через IPv6 можуть виявитися ще більшими, від стандартизовано IEEE 802.15.4. Пакети можуть розбиватись на ще менші, але при цьому це відношення службової інформації до корисної не є досить вдалим для користувача;

- для забезпечення комунікації пристроїв всередині сенсорної системи стандартні IPv6 заголовки повинні бути стисненими тільки до каналної адреси пристрою всередині мережі (це робить цей заголовок навіть меншим, в першу чергу порівняно з протоколом мережі зв'язку ZigBee), проте у свою чергу для зв'язку з різноманітними зовнішніми пристроями мережі – у будь-якому разі потрібно включати до даного пакету заголовок;

#### 1.4. GPS

Система глобального позиціонування — являє собою сукупність радіоелектронних засобів, що дозволяє нам або ж тій системі, якій це потрібно визначати положення об'єкту, котрий рухається та його швидкість руху такого об'єкта по поверхні Землі або в її атмосфері. Також положення об'єкту в просторовій система обчислюється завдяки використанню GPS-приймача, який в свою чергу розміщується на ньому, який приймає до себе та одразу обробляє сигнали різних супутників прямо з космічного сегменту подібної GPS-системи глобального позиціонування об'єктів у просторі [13].

Для визначення різних точних параметрів орбіт цих супутників та для керування GPS-системою, система має наземні центри управління GPS.

Основою системи NAVSTAR (англ. розшифровка Navigation Satellite Time and Ranging) у свою чергу є 24 супутники, котрі наразі працюють в одній єдиній мережі й швидко обертаються на шести абсолютно різних кругових орбітах, котрі завжди розташованих під кутом  $60^\circ$  одна до одної. Тому на кожній такій орбіті розміщено приблизно по 4 супутники, а також висоти орбіт цих супутників наближені до 20 200 км, що не дуже багато, а період обертання кожного такого супутника навколо Землі дорівнює чітко 12 годинам, що зумовлює хороше покриття. Зо в свою чергу зумовлює те, що із будь-якої точки земної поверхні зазвичай одночасно можна взаємодіяти з великою кількістю, від чотирьох до дванадцяти, таких супутників.

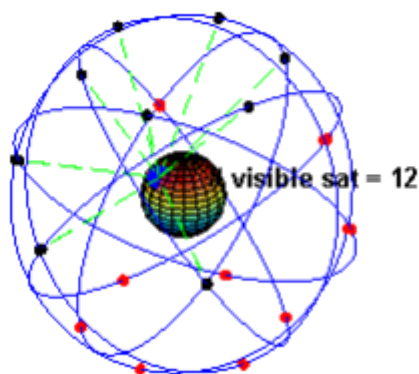


Рис. 1.3. Рух GPS-супутників Землі

Супутники наразі перебувають під чітким контролем станцій, які розташовані виключно на Землі. А розміщуються всі такі станції на багатьох островах таких як Дієго-Гарсія, Вознесіння, а також на Гаваях. Вся інформація, без виключення, що проходить через ці станції, буде записана ними та передана на головну станцію, що знаходиться на військовій базі Falcon, що в Колорадо в США.

GPS-приймач обчислює лише власне місцезнаходження і більше нічого, вимірюючи лише час проходження свого сигналу від різних GPS-супутників. А кожен такий супутник постійно і безперервно надсилає повідомлення до мережі, в якому міститься уся інформація про час надсилання, точку знаходження орбіти цього супутника, з якої і той момент було надіслано повідомлення (воно називається ефемерида), та ще надсилає загальний стан системи супутника й приблизні дані з орбіт усіх наявних в системі супутників, що входять до системи GPS. Ці сигнали мають властивість розповсюджуються зі швидкістю світла в космосі. Приймач визначає виключно час затримки в надходженні сигналу до приймача та обчислює чітку відстань до супутників, виходячи зі значення якої, застосовувавши саме метод трилатерації і ніякий інший, він і визначає своє власне місцезнаходження. Отримані таким чином координати перетворюються ним в наочну форму розуміння (широта та довгота, а також теперішнє положення на карті) та відображаються користувачеві [14].

Також дуже важливою особливістю системи є доступність для кінцевого споживача і універсальність. Встановлення керуючого ним програмного забезпечення можливо навіть на зовсім звичайний домашній комп'ютер, навіть включаючи слабкий неттоп. Виробник відмовляється від створення специфічних мережевих протоколів, обравши собі за основу звичайний комп'ютерний IP-протокол. Завдяки цьому він використовує в повній мірі стандартне комп'ютерне обладнання. Розширення комплексу розумного будинку не зажадає придбання ексклюзивної техніки, тим самим все це спрощує розгортання, вдосконалення та загальну вартість. В свою чергу на останній фактор також впливає збалансована цінова політика, що впроваджена виробником.

Ядром системи Home Sapiens є певна комп'ютерна програма. Вона, у

					МД ПІ-81мн.10.000 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



свою чергу, будучи встановленою на якийсь комп'ютер, чітко взаємодіє з усією іншою технікою за допомогою зовсім різних адаптерів мережі. В якості подібного базового адаптера розробник пропонує нам встановити ІЧ-адаптер мережі. Саме він дозволяє нам повністю керувати різною побутовою технікою, що має свій пульт для дистанційного управління технікою в своєму комплекті. З самого початку будь-який користувач повинен «навчити» свій ІЧ-адаптер певному сигналу даних, направивши на нього свій пульт від потрібного йому побутового приладу і затим натиснувши на необхідну кнопку на пульті. Потім ним щойно записаному у власну пам'ять програми сигналу пульта присвоюється певна голосова команда саме шляхом простого введення тексту в нього із простої клавіатури комп'ютера. Також при бажанні можна було б легко об'єднати відразу кілька записаних сигналів пристроїв з пульта в один комплекс сигналів, який цілком буде викликатися кнопкою тільки однією командою. Замість таких голосових команд також можна використовувати виклики за розкладом (для прикладу, включати радіо щоранку о восьмій годині ранку), а також інші події та ситуації. Звичайно ж, що всі ці команди і функції подібної системи можуть бути викликані з адміністративної частини.

Тому віддаючи тим чи може іншим способом команду системи Home Sapiens, система здатна відтворювати записаний до її пам'ять сигнал за допомогою ІЧ-адаптера, що в свою чергу призводить до того, що емулюючи пульт дистанційного керування виконує свої функції. Прилад приймає команду і в свою чергу виконує необхідну дію.

В узагальненому вигляді недоліком використання для будь-якої радіонавігаційної системи є те, що при певних умовах використання системи сигнал такої системи може не доходити до приймача зовсім, або ж надходити зі значними спотвореннями або ж затримками. Наприклад, наразі нам практично неможливо визначити своє власне точне місце розташування

наприклад в нашій квартирі всередині певної залізобетонної будівлі, або десь у підвалі, ну або в автомобільному тунелі. Оскільки робоча частота системи позиціонування GPS лежить саме у дециметровому діапазоні довжини радіохвиль, тому її рівень прийому сигналу від різних супутників системи може значно погіршитись в край під густим листям широколистяних дерев або із-за великої хмарності тощо. Ще, крім цього всього, нормальному прийому сигналів GPS системи позиціонування можуть вагомо завадити перешкоди від багатьох типів наземних радіоджерел перешкод, а також магнітні бурі [13].

Невисокий кут нахилу орбіти супутників GPS (що чисельно рівний близько  $55^\circ$ ) в значній мірі погіршує точність у приполярних районах Землі, оскільки супутники GPS досить невисоко піднімаються над рівнем горизонту.

### 1.5. Galileo

Система «Галілео» (Galileo) – це спільний проект як супутникової системи навігації Європейського союзу, так і Європейського космічного агентства, вона є частиною транспортного проекту зв'язку транс'європейської мережі (англ. переклад Trans-European Networks). Система Галілео призначена в першу чергу для вирішення геодезичних і навігаційних завдань різного типу та складності. Останнім часом все більше і більше виробників ССН-обладнання інтегрують в свої супутникові приймачі мають можливість приймати і обробляти сигнали з усіх супутників «Галілео», а цьому сприяє досягнута домовленість про сумісність та доповнення з системою NAVSTAR GPS, що являє собою третє покоління мережі. Фінансування проекту Галілео буде здійснюватися ще й в тому числі і за рахунок продажу різних ліцензій виробникам приймачів [13].

Крім країн Європейського Союзу, в проекті беруть участь багато країн, що не є частиною. ЄС та мають чималий внесок у розвиток. Окрім цього,

ведуться тривалі переговори з представниками країн Аргентини, Малайзії, Австралії, Чилі, Індії, Бразилії. Очікувалося, що система «Галілео» прийде до ладу ще приблизно в 2014-2016 роках, тоді коли на орбіту будуть виведені всі її 30 запланованих раніше супутників (24 операційних і 6 резервних [1]). Але на 2018 рік супутникова угруповання «Галілео» так і не досягла необхідної кількості апаратів. Компанія Arianespace уклала певний договір на 10 ракет-носіїв типу «Союз» для подільшого запуску супутників, починаючи ще з 2010 року [14]. Космічний сегмент системи буде надалі обслуговуватися наземною інфраструктурою компанії, що наразі включає в себе три різні центри управління і також глобальну мережу передаючих і приймальних станцій [14].

На відміну від тієї ж американської системи GPS і російської системи ГЛОНАСС, система позиціонування «Галілео» абсолютно не контролюється національними військовими відомствами жодної з держав, та ще в 2008 було прийнято резолюцію під назвою «Значення космосу для безпеки Європи», згідно з тією резолюцією допускається використання супутникових сигналів системи для військових операцій, що є частиною європейської політики безпеки. Робота над системою здійснюється Європейським космічним агентством. В загальному вигляді витрати оцінюються в 4,9 млрд євро.

Супутники системи позиціонування «Галілео» виводяться на певні кругові геоцентричні орбіти заввишки точно 23 222 км (або ж це 29 600 км від центру планети Землі), вони проходять один виток рівно за 14 год 4 хв 42 с і звертаються в трьох площинах, нахилених під кутом  $56^\circ$  до екватора. Довгота кожної з трьох орбіт на кутовій відстані у 120 градусів від двох інших орбіт. На кожній з таких орбіт при повному розгортанні системи Галілео буде знаходитися лише 8 діючих і ще 2 резервних супутника про запас. Саме ця конфігурація подібного супутникового угруповання і забезпечить повну одночасну видимість із будь-якої точки нашої земної кулі принаймні

щонайменше чотирьох апаратів системи. Тимчасова похибка атомного годинника супутника, встановлених на всіх супутниках, становить лише одну мільярдну частку секунди, що дуже мало і забезпечить неймовірну точність визначення місця приймача близько аж 30 см на низьких широтах позиціонування. За рахунок значно більш високої, ніж у всіх супутників GPS, орбіти, на широті Полярного кола забезпечена точність сягатиме одного метра.

Кожен апарат системи позиціонування «Галілео» важить 675 кг, а його габарити зі складеними сонячними модулями енергопостачання складають  $3,02 \times 1,58 \times 1,59$  метри, а вже з розгорнутими – це  $2,74 \times 14,5 \times 1,59$  метри, коли енергозабезпечення одно з них 1420 Вт на сонці і тисячу триста п'ятдесят п'ять Вт в тіні. Термін експлуатації супутника перевищує понад 12 років.

Орбітальний побудова супутникової системи ГАЛІЛЕО передбачає, що на її певній орбіті буде 27 КА на трьох кругових орбітах Землі заввишки рівно 23 229 км, їх визначеним періодом обертання в 14 год, та нахилом рівно 56 градусів. За цільовим призначенням використовуються лише 24 КА, один КА в кожній такій орбітальній площині є резервним, про всяк випадок. Така конфігурація системи угруповання була обрана для того, щоб виходячи з гарантованого забезпечення вимог до точності та доступності при мінімальних витратах для корекції орбіти за час існування того космічного апарату [13, 14].

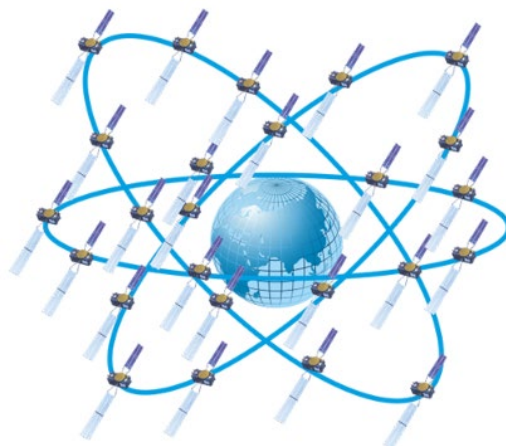


Рис. 1.4. Орбітальне угруповання Галлілео

Таблиця 1.1. Орбітальне угрупування Галілео [14]

Кількість штатних ка	27 (+ 3 резерв)
Висота орбіти	23222 км
Кількість площин	3
Велика піввісь	29640 км
Період	14 год 4 хв 45 с
Нахил	56°

ХАРАКТЕРИСТИКИ	КА ГАЛІЛЕО GIOVE-A	КА ГАЛІЛЕО GIOVE-B	КА ГАЛІЛЕО GIOVE	КА ГАЛІЛЕО FOC
Головний подрядчик	SSTL	EADS Astrium GmbH	EADS Astrium GmbH	ОНВ АС (контраст на 22 КА)
Срок активного существования	2 года	2 года	12 лет	более 12 лет
Стартовая масса	600 кг	630 кг	700 кг	730 кг
Габариты	1,3 м × 1,8 м × 1,65 м	0,95 м × 0,95 м × 2,4 м	3,02 м × 1,58 м × 1,59 м	2,74 м × 1,58 м × 1,59 м
Мощность солнечной батареи	667 Вт	1100 Вт	1420 Вт	1420 Вт
Сигналы	только на двух частотах (L1+E5 или L1+E6)	L1, E5, E6	L1, E5, E6	L1, E5, E6
БСУ	2 Rb (стабильность 10 нс)	2 Rb (стабильность 10 нс), 2 PNM (стабильность 1 нс)	2 Rb (стабильность 10 нс), 2 PNM (стабильность 1 нс)	2 Rb (стабильность 10 нс), 2 PNM (стабильность 1 нс)

Рис. 1.5. Типи космічних апаратів

## СИСТЕМА КООРДИНАТ ГАЛІЛЕО

В системі позиціонування ГАЛІЛЕО використовується виключно традиційна геоцентрична декартова система координат, яка в свою отримала назву Galileo Terrestrial Reference Frame (GTRF). Ця система позиціонування координат пов'язана з міжнародною земною системою визначення координат ITRF і визначена таким чином, що її розбіжність з системою ITRF не перевищує близько 3 см з імовірністю 0,95 відсотка. Для підтримки систем GTRF створена спеціальна геодезична служба позиціонування ГАЛІЛЕО, яка також забезпечує і участь міжнародного співтовариства ще у визначенні та підтримці системи позиціонування та визначення координат GTRF.

## СИСТЕМА ЧАСУ ГАЛІЛЕО

Шкала часу системи позиціонування ГАЛІЛЕО - безперервна атомна шкала часу з певним постійним зміщенням на певну цілу кількість секунд щодо загального міжнародного атомного часу TAI. Мається зі шкалою часу UTC і певна шкала GST, котра має змінну розбіжність на цілу кількість секунд.

Тому шкала GST підтримується всією системою атомних еталонів частоти у світі, заснованих на активних водневих генераторах струму. Для коригування часу GST система синхронізації наземного комплексу управління системи позиціонування ГАЛІЛЕО отримує з Міжнародного бюро мір та ваг певну інформацію про шкалу часу TAI. Відповідно до всіх технічних вимог на систему позиціонування ГАЛІЛЕО, розбіжність між GST та між TAI не повинно перевищувати 50 нс з імовірністю 95%.

Данні про величину такої розбіжності шкали часу GST щодо шкал часу TAI і UTC включена в певне навігаційне повідомлення для передачі споживачам системи. Час, що потрібен при розрахунку в такому навігаційному повідомленні передається в певному форматі, аналогічному до формату GPS, у вигляді номера тижня і ще лічильника кількості секунд всередині поточного тижня календаря. У навігаційному повідомленні супутника, в порівнянні з GPS, прогресувало таке число розрядів, кількість котрих призначених для передачі інформації про номери на поточному тижні. Це забезпечує більш точний вимір часу протягом 4096 тижнів (а це більше ніж 78 років), тому що більше аналогічного параметра для системи позиціонування GPS, де інтервал часу складає 1024 тижні або ж це 19 років.

Точність такої тимчасової синхронізації системи за сигналами ГАЛІЛЕО складе порядку 30 нс з імовірністю 95 відсотків на будь-якому добовому інтервалі даних. Окремим параметром передається розбіжність між шкалами часу GPS та між GST аналогічно тому, як це зроблено в системі ГЛОНАСС.

## 2. РОЗРОБКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Перспективним напрямком для подальшого розвитку інформаційних технологій у приладобудуванні є розробка різноманітних нових способів забезпечення взаємодії людино-машинного інтерфейсу. Перед розробниками подібних інтерфейсів постає задача використання природних для людини методів спілкування з комп'ютерами. Враховуючи всі можливі перешкоди та наявність шумів у навколишньому середовищі, переваги надаються системам заснованим на комп'ютерному баченні. Особливо перспективними для побудови зазначених інтерфейсів керування програмним та апаратним забезпеченням комп'ютерів є жести. Перевага подібного інтерфейсу в тому, що жести дозволяють вагомо розширити існуючі можливості взаємодії інтерфейсу для людей з якимись вагомими вадами слуху і мови, і також забезпечити дистанційне керування різноманітними пристроями [1, 15, 17].

### 2.1. Математична модель

#### 2.1.1. Розпізнавання жестів рук

##### – Колірний простір HSV

Простір HSV (Hue — тон, Saturation — насиченість, Value — яскравість) являється інтуїтивною для сприйняття кольоровою моделлю, оскільки вона оперує такими ж характеристиками кольору, якими оперує й людина. Уявивши якийсь конкретний простір RGB, котрий виглядатиме як куб розмірності  $3 \times 3$ , то уздовж головної діагоналі  $(0, 0, 0) — (1, 1, 1)$  будуть розташовані сірі кольорові відтінки. Тоді як координата V, в свою чергу, задаватиме яскравість певного кольору і буде пропорційною до його відстані

від початку координат і вздовж всієї головної діагоналі. Цю координату отримують за допомогою перпендикулярної проєкції досліджуваної точки в RGB на головну діагональ ромбу. Координата  $S$ , у свою чергу, визначає якою мірою насичений даний колір. У просторі RGB це виглядатиме припустимо як відстань від головної з діагоналей. Чим більша ця відстань, то тим ближче цей колірний відтінок до чистих кольорів, котрі розташовані у вершинах уявного кубу. Одночасно з цим, координата  $H$  — це тон кольору. Розглядаючи уявну площину, котра перпендикулярна до головної діагоналі нашого кубу ми отримаємо, що кут повороту вектору кольору у цій площині саме і визначатиме тональність цього кольору. Перетворення із RGB простору в HSV розраховується за формулами (2.1–2.3) [15-19]

$$V \leftarrow \max(R, G, B), \quad (2.1)$$

$$S \leftarrow f(x) = \begin{cases} \frac{V \leftarrow \max(R, G, B)}{V}, & V \neq 0 \\ 0, & V = 0 \end{cases}, \quad (2.2)$$

$$V \leftarrow \begin{cases} \frac{60(G - B)}{S}, & V = R \\ 120 + \frac{60(B - R)}{S}, & V = G \\ 240 + \frac{60(G - B)}{S}, & V = B \end{cases} \quad (2.3)$$

– Метод відстаней Гаусдорфа

Відстань Гаусдорфа в математиці, або ж так звана метрика Гаусдорфа, котра ще відома як Помпейо-Гаусдорфова відстань — це така міра, котра визначає наскільки далеко знаходяться дві підмножини метричного простору одна відносно одної [16].



Отримуємо множину не пустих компактних підмножин метричного простору.

Нехай  $X$  і  $Y$  це дві не пусті підмножини метричного простору  $(M, d)$ . Де їх відстань Гаусдорфа  $d_h(X, Y)$  розраховуватиметься за формулою (2.4), і це буде еквівалентом формулі (2.5).

$$d_h(X, Y) = \max \left\{ \max_{x \in X} \min_{y \in Y} d(x, y), \max_{y \in Y} \min_{x \in X} d(x, y) \right\} \quad (2.4)$$

$$d_H(X, Y) = \min \{d_H(X, Y); X \subseteq Y_\epsilon, \cap Y \subseteq X_\epsilon\} \quad (2.5)$$

де  $X_\epsilon = U\{z \in M; d(z, x) \leq \epsilon\}$  тобто множина всіх точок  $\epsilon$  у межах множини  $X$ .

### 2.1.2. Виділення шкіри

Задля локалізації рук на початку нам необхідно виділити регіони кольору шкіри. Для цього спочатку вручну виділяють шкіру людини, що відображається на зображенні як за умов природнього, так і за умов штучного освітлення (рисунок 2.1–2.2) [16-19].

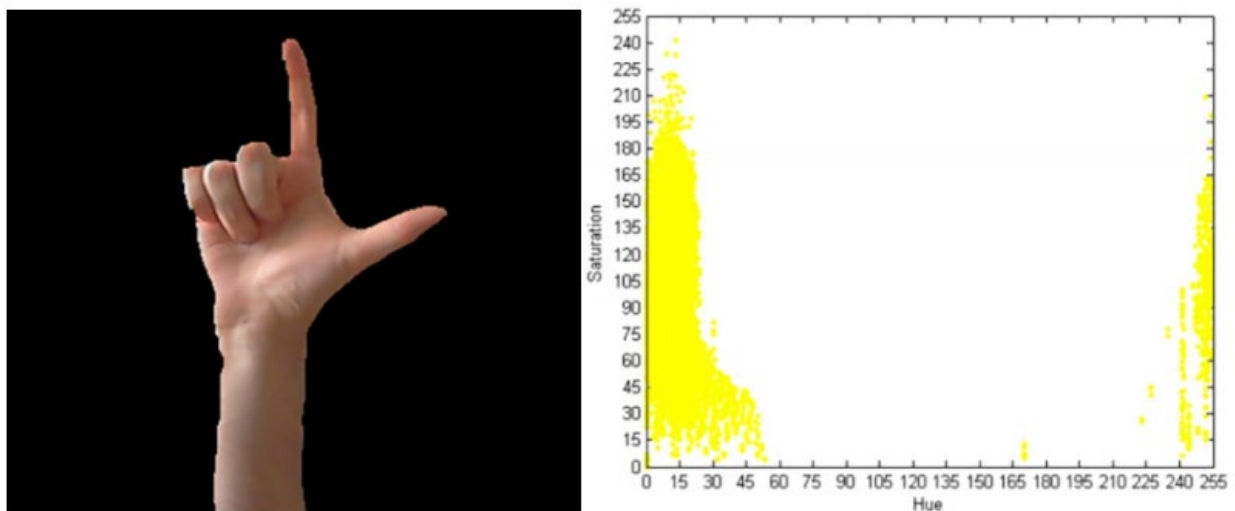


Рис. 2.1. Зображення шкіри при природньому освітленні та значення насиченості і яскравості в не нульових пікселях

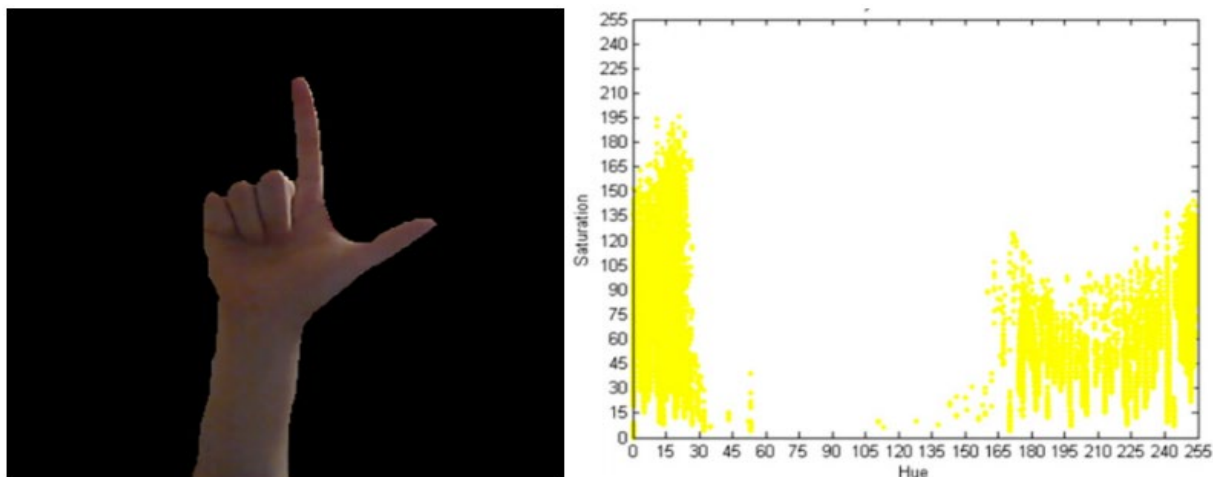


Рис. 2.2. Зображення шкіри людини при штучному освітленні та значення насиченості та яскравості кольорів у не нульових пікселях

Оскільки поставлена нами задача полягає саме у знаходженні шкіри людини при будь-якому освітленні, то для визначення регіону, що цікавить нас можливо звужити множину значень кольорового простору HSV, а якщо говорити мовою цифр, то це  $0 \leq H \leq 30$  та  $15 \leq S \leq 200$ . Найбільш вірним рішенням у нашому випадку є обмежити компоненти V значеннями  $15 \leq V \leq 250$ , для виключення затемнення і засвічування області. Користувач може власноруч задати необхідні для нього значення через відповідне положення в меню програми (рисунки 2.3) [16-20].

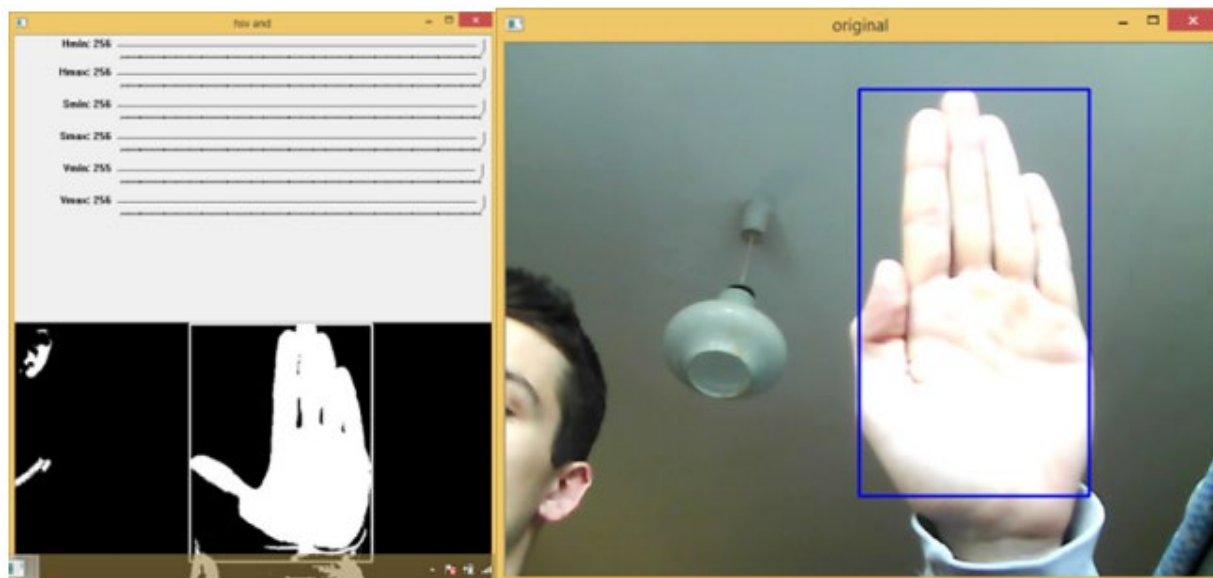


Рис. 2.3. Вхідний кадр із локалізованою рукою та бінаризований регіон шкіри

### 2.1.3. Розпізнавання жесту руки

Після того, коли руку в кадрі було знайдено, то з регіону зв'язної компоненти потрібно обов'язково видалити всі інші компоненти, мітки кольору котрих відрізняються від кольору мітки компоненти руки, визначеної раніше. Це необхідно обов'язково виконати, інакше позбавитись від зайвого сміття на зображенні не вийде, а ще це дуже потрібно для покращення точності роботи алгоритму та однозначної інтерпретації наданих жестами команд [21].

Локалізований регіон руки масштабується до зображення, формат якого в свою чергу порядку сто на сто пікселів, після чого на отриманому зображенні різноманітні пустоти та шум видаляються, це працює виключно завдяки методам ерозії та дилатації [18-22].

Дилатація або ж морфологічне розширення являє собою згортання зображення чи виділеної області цього зображення з певним ядром. Це ядро зображення може мати будь-яку форму та розмір. До того ж у нашому ядрі виділяється одна єдина ведуча позиція, котра повністю збігається з поточним

пікселем при розрахунку згортки. У багатьох випадках в якості ядра зображення обирається квадрат чи коло з ведучою позицією у центрі фігури. Ядро зображення потрібно розглядати як шаблон чи маску. Застосування методу дилатації в решті решт повністю зводиться до проходження шаблону по всьому зображенню і використанні оператора пошуку локального максимуму серед інтенсивних масивів пікселів зображення, котрі накриваються даним шаблоном. Подібна операція призводить до зростання світлих областей на отриманому зображенні, котре досліджується [28-22].

Ерозія — це операція, що певним чином обернена до дилатації. Дія ерозії частково схожа на дію дилатації, однак різниця полягає в тому, що тут застосовується оператор пошуку локального мінімуму.

Комбінування даних операцій при застосування дає змогу ледь не повністю позбавитися від шумів на досліджуваному зображенні і розгладити його контур. Позбавившись від пустот, на зображенні одразу виділиться контур за наступним алгоритмом [19-24]:

- У восьми зв'язковій області відмічаються точки, в котрих наявні всі сусідні білому кольору відтінки, котрі були відмічені у попередніх кроках.
- Відмічені точки видалятимуться.

При виділенні контуру розпізнаного жесту, він порівнюється за допомогою методу відстаней Гаусдорфа з набором жестів раніше внесених у шаблони. Алгоритм роботи програми полягає у знаходженні критерію подібності цих двох контурів, котрий приймає значення найменшої відстані між об'єктом пошуку і об'єктом внесеного шаблону. Якщо такий критерій перевищує задане допустиме значення, то вхідне зображення ігнорується алгоритмом, інакше ж зображення вважаються подібними і програма відображає знайдений шаблон, і після цього виконується наступна ітерація циклу порівняння зображень. Результати роботи софту показані на рис. 2.4.

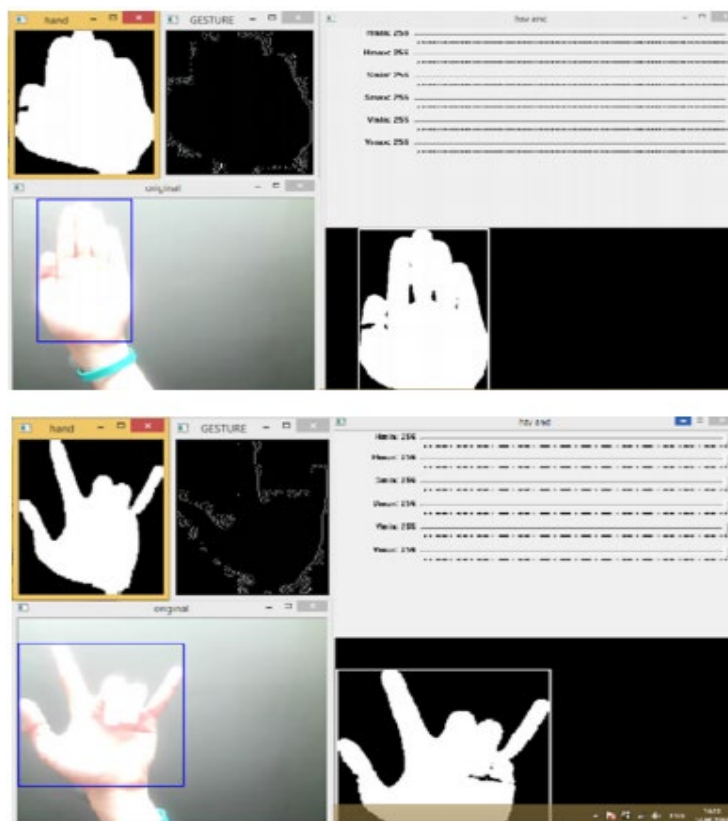


Рис. 2.4. Результати роботи програми порівняння

#### 2.1.4. Відокремлення області зап'ястя та передпліччя

Зображення, котре надалі вірно розпізнається алгоритмом як жест, на етапі обробки необхідно розбити на певні шари, а саме пікселі шкіри, котрі описують кисть та будуть надалі використовуватися для розпізнавання жесту, та пікселі шкіри, котрі відносяться конкретно до області зап'ястя разом з областю передпліччя. Оскільки для них усіх значення кольору являють повністю ідентичні між собою спектри, то задля розпізнавання та вилучення небажаних нами пікселів необхідно застосовувати інформацію про розташування як пікселів руки, так і пікселів зап'ястя [18-27].

За допомогою зведення значень розпізнаних пікселів до середніх, можливе обчислення центру руки та зап'ястя, котрий називається центроїд.

Набір положення усіх пікселів шкіри вираховується по формулі [16, 27]:

$$L = \{\vec{x} \mid S(r(\vec{x}), g(\vec{x}), b(\vec{x})) = 1\} \quad (2.6)$$

Центроїд руки визначається за такою формулою:

$$\vec{c}_p = \frac{1}{|L|} \sum_{\vec{x} \in L} \vec{x} \quad (2.7)$$

Центроїд зап'ястя визначається наступним чином:

$$\vec{c}_3 = \frac{1}{|L_3|} \sum_{\vec{x} \in L_3} \vec{x}, \quad (2.8)$$

де  $|L|$  – кількість елементів  $L$ .

Границі нашого зап'ястя знаходяться шляхом повного сканування ліній паралельних до лінії, котра з'єднує два центроїди. Вектор, що з'єднує саме ці два центроїди, визначається за формуло (2.9) [27]:

$$\vec{c}_{dif} = (x_{dif}, y_{dif}) = \vec{c}_p - \vec{c}_3 \quad (2.9)$$

Кут повороту запишемо наступним чином:

$$\Theta_p = \tan^{-1} \left( \frac{y_{dif}}{x_{dif}} \right) \quad (2.10)$$

Тоді краї зап'ястя вираховуються наступним чином для кожної з точок  $\vec{p}_1(s_1)$  уздовж всієї лінії зап'ястя [28]:

$$\vec{p}_1(s_1) = \vec{c}_3 + s_1 \begin{pmatrix} \cos \left( \Theta_3 + \frac{\pi}{2} \right) \\ \sin \left( \Theta_3 + \frac{\pi}{2} \right) \end{pmatrix}, \quad (2.11)$$

де знаходиться між  $(-50 \leq s_1 \leq 50)$ .

Для кожної з функцій  $s_1$  обчислюється кількість пікселів на зап'ясті  $n(s_1)$  уздовж цієї паралельної лінії

$$\vec{p}_2(s_1, s_2) = \vec{p}_1 + s_2 \begin{pmatrix} \cos(\Theta_p) \\ \sin(\Theta_p) \end{pmatrix}, \quad (2.12)$$

де також  $(-50 \leq s_2 \leq 50)$ .

Дві точки, котрі відповідають саме за визначення границь зап'ястя  $\vec{b}_{left}(x_{left}, y_{left})$  та  $\vec{b}_{right}(x_{right}, y_{right})$  відповідно, повністю рівні  $\vec{p}_1(s_1)$  у тому випадку, коли значення  $n(s_1)$  нижче за певний зазначений нами поріг. За допомогою встановлення нами подібного порогу можливе виділення певного значення потрібних нам пікселів, котрі знаходяться у області зап'ястя.

Радіус цієї області пікселів вираховується наступним чином [29, 30]:

$$r_3 = \max(|\vec{b}_{left} - \vec{c}_3|, |\vec{b}_{right} - \vec{c}_3|) \quad (2.13)$$

#### 2.1.5. Виділення пальців руки

Початкове виявлення та локалізація як локальних мінімумів, так і локальних максимумів руки (екстремумів), тобто кінчиків пальців і проміжків між пальцями, надаватиме нам всю додаткову інформацію при виконанні процедури розпізнавання алгоритмом жестів. Оскільки і ці мінімуми, і ці максимуми характеризуються достатньо великою кривизною, проводяться експерименти з гістограмою кривизни отриманого контуру, тобто розглядається певна ділянка кривизни контуру в різних масштабах уздовж всієї довжини такого шляху. 9 послідовних максимумів гістограми кривизни беруться саме як шукані значення кінчиків пальців. Слід також зазначити, що цей метод є досить чутливий до розривів досліджуваного контуру і потім

виникають різноманітні проблеми при визначенні алгоритмом порожнин на зображенні і зламів десь у області зап'ястя. Тому мною було зосереджено увагу на більш надійному у роботі та альтернативному методі, який полягає вже у побудові подальшого графіка залежності тієї відстані за радіусом від певної опорної точки (тобто точки відліку) саме в області зап'ястя. Як опорна точка нами береться конкретно перша точка перетинання головної осі із лінією зап'ястя. В результаті такої обробки ми одержуємо послідовність відстаней за радіусом, які представляють собою шукані мінімуми та максимуми, тобто ті самі екстремуми. Значення цих екстремумів є дуже надійними, оскільки на визначення всіх 5 максимумів (пальців) і всіх 4 мінімумів зовсім не впливають шуми на отриманому нами контурі [16-30].

Для всіх наступних етапів обробки алгоритмом жестів рук використовується лише інформація, отримана з набору базисних осей чотирьох пальців (це вказівний, середній, безіменний, мізинець). Було встановлено, що базисна лінія – це та лінія, що проводиться через чотири точки руки відповідно до методу найменших квадратів (МНК) або просто з'єднує між собою базисні точки вказівного пальця і мізинця. Саме ця лінія називається основною лінією руки (англ. *pivot line*). Ця основна лінія руки використовується нами задля: по-перше, реєстрації всіх зображень розпізнаної руки відповідно до обраного нами раніше кута повороту лінії. По-друге, ще й кути повороту пальців обчислюються стосовно цієї основної лінії. Так, нарешті, саме орієнтація та розмір основної лінії допомагають нам визначити і великий палець, і область зап'ястя також.

Після того як нами визначені екстремуми, за допомогою зазначеного вище методу проводяться відрізки уздовж всієї бічної сторони пальця, починаючи від самого кінчика до двох сусідніх точок проміжку між пальцями. Після вибирається найкоротший відрізок і потім від однієї точки пальця до



іншої точки проводиться крива. Отримана нами крива буде у формі серпа, та чітко розмежовує палець, тому таким чином можливо обчислити його довжину. Однак, вже для великого пальця подібні операції локалізації трохи відрізняються від попередніх.

Рухом нашого великого пальця ускладняється вже те, що він включає у собі обертання відносно двох зовсім різних суглобів (а саме п'ясної фаланги та кістки-трапеції). Тому складність полягає в тім, що натягнута пальцем шкіра між великим і вказівним пальцями вносить певні погрішності при визначенні нами западини між цими пальцями та при визначенні конкретно великого пальця. Відповідно до анатомії руки вважається, що цей великий палець приблизно такої ж довжини, як і мізинець. Тому проводиться лінія уздовж головних осей цього пальця і точка на цій лінії, що перебуває на відстані близько 120% від розміру мізинця, це формує базисну лінію нашого великого пальця. Цей палець переміщується таким чином, що його базисна лінія повністю збігається з вершиною лінії нашої руки, тоді коли остання відхиляється на кут в 90 градусів за годинниковою стрілкою. Великий палець повертається за остаточним напрямком і згодом повертається на місце [31].

При детектуванні та локалізації виявлених пальців руки нам необхідно враховувати ще такий важливий момент, як обертання пальців. Ці пальці обертаються навколо певної точки між основною фалангою пальця та п'ястковою кісткою (мед.). П'ясткова кістка – це кістяк нашої руки між зап'ястям і п'ятьма пальцями. Цей кістяк руки складається з 5 досить довгих трубчастих кісток, які у свій час перебувають між кістками зап'ястя та пальців (фаланг). З'єднання трохи нижче тих ліній, котрі поєднує собою проміжки між пальцями. Тому головна вісь кожного нашого пальця збільшується в довжинудесь на 20% і перевищує відповідну довжину наших пальців. Сукупність таких кінцевих точок осей чотирьох пальців (вказівний, середній, безіменний палець

та мізинець) визначає ту лінію, що залежить від розміру та орієнтації руки.

Основні осі кожного нашого пальця обчислюються алгоритмом за допомогою власної матриці інерційної характеристики. Тоді як поточний кут напрямку кожного пальця визначається як  $\Theta = \arctan(v_{maj} / u_{maj})$ , де  $(v_{maj} / u_{maj})$  – це основний власний вектор. Кожен палець визначений  $i$  повертається на певний кут, що позначають  $\Delta\Theta_i = \Theta_i - \psi_i$ , тому при  $i =$  вказівний палець, середній, безіменний палець та мізинець, а  $\psi_i$  – напрямок руху кожного пальця. Обертання наших пальців здійснюється шляхом множення певного вектору положення пікселів кожного пальця на матрицю обертання пальців навколо базисної лінії (pivot line):

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\Delta\Theta) & -\sin(\Delta\Theta) \\ \sin(\Delta\Theta) & \cos(\Delta\Theta) \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Стандартні кути обертання пальців для середньої по статистиці руки наведені в табл. 2.1. Будь-який набір кутів пальців буде однаково добре працювати в даному алгоритмі за тих умов, коли при цьому наборі кутів наші пальці будуть помітно відокремлюватися один від одного [30-35].

Таблиця 2.1 – Кути обертання пальців

Великий палець	Вказівний палець	Середній палець	Безіменний палець	Мізинець
150	120	100	80	60

#### 2.1.6. Розпізнавання жестів

Методи розпізнавання жестів в системах комп'ютерного зору нам можна легко розділити на два конкретних види – це методи на основі створення

алгоритмом тривимірної моделі руки й методи створені на основі виділення ознак руки.

Методи засновані на основі створення алгоритмом тривимірної моделі руки базуються в першу чергу на побудові кінематичної моделі руки, яка повністю враховує всі можливі ступені свободи кінцівки. Для цього нам потрібно оцінити всі жести руки за допомогою порівняння положення нашої руки на вхідному зображенні та з зображенням двовимірної проекції моделі жесту зі складеної нами бази даних. Такі методи потенційно дозволяють нам розпізнавати значну кількість жестів рук. Однак, з метою його подальшої реалізації нам потрібне створення великої бази даних таких зображень для порівняння з побудованою нами моделлю та подолання можливих труднощів при виділенні всіх ознак з урахуванням анатомічних особливостей рук.

Методологія, в основі якої закладено виділення ознак, що в свою чергу засновані на врахуванні різних особливостей отриманого зображення, котрі використовуються для визначення положення кінцівки, тобто руки. Основним підходом до цього є знаходження алгоритмом ділянок шкіри на досліджуваному зображенні з використанням певних колірних ознак.

Методологія, котра в свою чергу заснована на виділенні таких ознак застосовується за такої умови, якщо взагалі можливо ідентифікувати характерні точки або ж також характерні області на об'єктах, а сам об'єкт у цей час може представлятися нам, як сукупність усіх цих областей разом. В цьому випадку ми замість моделювання цілого об'єкту руки, моделюємо деяку множину характерну для областей руки. Перевага цього підходу саме для нас полягає в тому, що він стійкий до різного роду деформацій та інших змін вхідних до алгоритму даних. Тому якщо присутня достатня кількість характерних точок на зображенні, тоді такий об'єкт може бути надійно ідентифікованим. Для саме цих завдань визначення та розпізнавання різних

рухів рук в реальному часі дані методи є перспективними, тому мною було вирішено застосовувати саме їх [33-40].

#### 2.1.7. Вибір методу розпізнавання жестів

В той самий момент, коли наша система проводить розпізнавання рухів рук, здійснюється виділення всіх можливих ознак. Вибір ознаки для нас є досить важливою частиною процесу розпізнавання, адже всі рухи рук відрізняються між собою. Також при розпізнаванні різного положення рук використовують певні геометричні ознаки, такі як пальці, та їх напрямок вказування. Також такі ознаки нажаль не завжди доступні і далеко не завжди надійно передають інформацію через погані умови освітлення. В даній дипломній роботі магістра як характерною ознакою є властивості контуру [41]

При отриманні цих характерних ознак, а саме інформації про контур руки, застосовуються аналітичні можливості за незалежними компонентами.

#### 2.1.8. Аналіз незалежних компонент

Аналіз незалежних компонент (АНК) використовується нами для вибору статистично незалежних між собою змінних з їх загальної сукупності. Він успішно застосовується в різноманітних додатках для пошуку схованих коефіцієнтів серед набору даних для аналізу або ж задля їхнього подальшого розкладання на певні вихідні сигнали; а для реального зображення АНК також служить нам корисним інструментом для отримання характерних ознак жестів та завдань ідентифікації людини в цілому, і певного руху окремої кінцівки.

Як вхідні дані нами використовуються 1-D бінарні сигнали з джерела, які несуть в собі інформацію про контур руки на досліджуваному зображенні.

Метод АНК припускає те, що кожний зі спостережуваних нами сигналів  $\{x_i(k), k = 1, \dots, K\}$  являє собою суміш із певного набору N-невідомих

сигналів із незалежних джерел  $s_i$  в невідомій нам матриці змішування  $A$ . Тоді  $x_i$  та  $s_i$  у свою чергу формують рядки в своїх матрицях  $X$  та  $S$ , вони будуть розмірністю  $N \times K$ , відповідно до цього:  $X = AS$  [41].

Вектори даних для методу АНК – це пікселі розпізнаної руки на зображенні. Де  $K$  – розмірності цих векторів (наприклад,  $K = 40000$  в тому випадку, якщо є зображення руки розміром  $200 \times 200$ ). Ціль методу АНК – знайти саме таке лінійне перетворення  $W$  для вхідних даних алгоритму, яке мінімізує статистичну залежність між всіма вихідними компонентами  $y_i$ , за допомогою яких нами оцінюються передбачувані незалежні джерела  $s_i$ , тобто:

$$\hat{S} = Y = WX \quad (2.15)$$

При цьому, щоб ми могли знайти  $W$ -перетворення, яке ще називають матрицею розкладання, нами застосовується швидкий алгоритм роботи аналізу незалежних компонент: він підштовхує статистичну незалежність між такими вихідними компонентами системи з використанням максимізації всієї їхньої негативної ентропії. Тому за допомогою АНК нам і можливо отримати незалежні зображення або ж ще можна отримати незалежні коефіцієнти змішування.

Тому в одному із перших випадків і вважається, що  $N$  – це дані про розпізнану руку, що являють собою лінійну суміш з невідомого набору  $N$ -статистично незалежних джерел сигналів, які несуть у собі інформацію про руку (англ. «hand sources») [38-44].

Для отримання нами векторів даних застосовується растрове сканування нормованого зображення розпізнаних рук. Для зображень розміром  $200 \times 200$  пікселів, матриця даних  $X$  буде  $N \times 40000$  розмірною, отже, звідси  $m = 40000$ . Ці матриці повністю розкладаються на кількість  $N$  компонентів джерела  $\{\hat{s}_i\}$ , що зовсім не залежать між собою, і котрі формують ряди для вихідної матриці

$\hat{S} = WX$ . Кожен рядок такої матриці змішування  $A$  ( $N \times N$ ) буде містити у собі вагові коефіцієнти, які у свою чергу характерні для даної розпізнаної руки. Ці коефіцієнти показують нам відносний внесок від джерел сигналів, які несуть у собі інформацію про руку, до синтезу даного зображення розпізнаної руки. Із цього випливає, що тестове зображення розпізнаної руки  $x_i$   $i$ -го порядку матриці  $A$  буде являти собою саме  $N$ -вимірний вектор ознак [32-42].

На етапі розпізнавання рук тестовий набір повністю наслідує ту ж саму модель синтезу із тими ж незалежними компонентами, що й нормований нами тестовий набір зображень руки ( $1 \times 40000$ ) і проектується на вибірку визначених базисних функцій, а от результуючий вектор коефіцієнтів такої проекції обчислюється за наступною формулою [43]:

$$a_{test} = x^{test} \hat{S}^T \left( \hat{S} \hat{S}^T \right)^{-1} \quad (2.16)$$

Також, є окрема ознака, що тестується, та розпізнається як характерна для руки людини  $i^*$ , тобто коли значення  $a_{test}$ , що перебуває ближче від усього іншого до значення вектору ознаки  $a_{i^*}$ , а вже саме відстань вимірюється при допомозі  $L1$  метрики за формулою:

$$i^* = \arg \min_{(i)} \left( \sum_{j=1}^N |a_{i,j} - a_{test,j}| \right) \quad (2.17)$$

В іншому ж випадку вважаються незалежними всі коефіцієнти, що накладаються, а не отримані нами початкові зображення. В такому підході до розпізнавання передбачається, що кожен  $K$ -піксель зображення розпізнаної кінцівки одержується із незалежних сумішей випадкових величин, тобто джерел сигналів, що несуть інформацію про піксель («pixel sources»). Виходячи із цього, далі виконується транспонування матриці даних: тобто  $X^T$ .

Однак величезна розмірність піксельних векторів (як правило, це  $K \gg N$ ) вимагає додаткового виконання процедури аналізу головних компонентів (АГК) зображення перед реалізацією методу АНК [44].

Власні вектори коваріаційної матриці  $C = \frac{1}{N} X^T X$ , розмірністю  $K \times K$  точок, де кожен ряд матриці  $X^T$  точно відцентрований, також можна обчислити і за допомогою власних векторів матриці  $XX^T$  набагато меншої розмірності  $N \times N$  точок.

Нехай  $\{v_1, \dots, v_M\}$  – це власні вектори  $M$ -ряду із власними значеннями  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M\}$  у матриці  $X X^T$ , розмірності  $N \times N$  точок. Тоді відповідно до теореми розкладання за сингулярними числами матриці (singular value decomposition, SVD), ортонормовані власні вектори  $\{w_1, \dots, w_M\}$  матриці  $C$ , що у свою чергу відповідають  $M \leq N$  найбільшим власним значенням  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M\}$ , визначаються.

Кількість даних зображення розпізнаної руки зменшується після проєкції їх на зовсім невелику кількість  $M$ -головних компонентів системи, і таким чином далі і формується квадратна матриця даних типу  $RX_T$ . А потім ця матриця  $RX_T$  розкладається на джерело та на коефіцієнти перемішування залежно від моделі, стовпці такої оціненої матриці змішування розмірності  $A$  ( $N \times N$ ) представляють собою базисні функції (тобто зображення розпізнаної руки). І навпаки, вже коефіцієнти нами оціненої матриці джерела таких сигналів є і статистично незалежними.

Після розпізнавання жестів руки проходить процедура класифікації та присвоєння команди. За видами команд визначаються специфікою застосування у розробленій системі розпізнавання. Також наведені системи управління можна інтегрувати у побутові, медичні та пристрої для охорони.

Обраний для локалізації розпізнаної руки на зображенні метод сегментації за кольором забезпечує достатню швидкодію для того, щоб його

програмна реалізація могла виконувати роботу в режимі реального часу [45].

## 2.2. Структурна схема

Проаналізувавши певні підходи до створення систем керування дистанційно керованого літального апарату, а також провівши детальний аналіз його математичної моделі, також його рівняння динаміки та розглянувши інші існуючі структурні схеми подібних апаратів, було створено структурну схему керування кутом курсу дистанційно керованого літального апарату. Структурна схема наведена на рисунку 2.5 нижче [15-45].

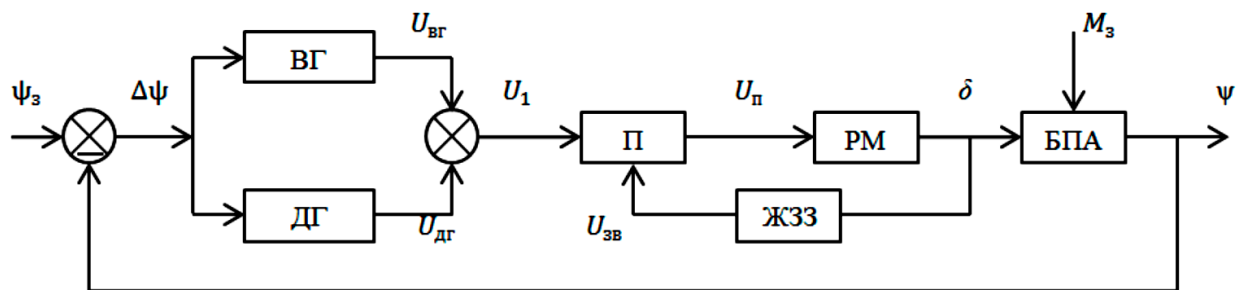


Рис. 2.5 Структурна схема керування кутом курсу дистанційно керованого літального апарату

Елементи системи, котрі зображені на структурній схемі керування:

ВГ – вільний гіроскоп, тобто датчик кута курсу; ДГ – диференціальний гіроскоп, він же датчик кутової швидкості апарату; ЖЗЗ – жорсткий зворотній зв'язок (привід); БПА – безпілотний апарат (дистанційно керований об'єкт);  $\psi_z$  – задане значення кута курсу апарату; П – підсилювач приводу; РМ – рульова машина;  $\psi$  – дійсне значення куту курсу апарату;  $U_{вг}, U_{дг}, U_1, U_{п}, U_{зв}$  – напруги постійного струму, що повільно змінюється;  $\delta$  – кут відхилення рушія апарату;  $M_z$  – зовнішні моменти сил (гідродинамічний момент сил опору), можливе прийняття сталим у часі.



### 3. РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

#### 3.1. Опис ідеї проекту

Зміст ідеї полягає у синтезі інтелектуальної системи безконтактного керування дистанційно керованим літальним апаратом, для покращення керованості цього літального апарата а також для полегшення безконтактної взаємодії з ним глухонімих людей. Надалі мною буде проведено аналіз напрямків щодо застосування, також вигоди, які може отримати користувач за різними напрямками застосування табл. 3.1.1 [46].

Табл. 3.1.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система керування безпілотним літальним апаратом	Військова промисловість	Збільшення керованості при виконанні розвідки
	Журналістика	Поліпшення керованості під час репортажу
	Навчання	Інструмент для навчання студентів або глухонімих людей

Висновок: Існує достатньо багато сфер використання, де запропонована ідея проекту є актуальною. Потенційного споживача можна буде знайти у військовій промисловості, навчальній сфері, а також у журналістиці тощо. Використання запропонованої мною системи керування може бути і в мирних цілях, наприклад для індивідуальних квадрокоптерів з камерою, наприклад для любительської відео та фото зйомки туризму, слідування за оператором з

невеликим вантажем, різноманітні шоу тощо [46].

Далі ми проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг цієї ідеї порівняно із пропозиціями наших конкурентів:

- ми визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- також визначаємо попереднє коло наших конкурентів (проектів-конкурентів) або ж товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на світовому ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та для проектів-конкурентів відповідно до визначеного нами вище переліку;
- ще проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 3.1.2).

Табл. 3.1.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	СПБГЭТУ «ЛЭТИ»	Луч ДпДКБ			
1	Запас стійкості	59,9°	51,3°	49,6°			+
2	Похибка регулювання	10%	4%	7 %	+		
3	Величина зміщення за амплітудою	0,1°	0,05°	0,08°		+	

4	Вартість досліджень	950 ум.од.	1250 ум.од.	1400 ум.од.			+
5	Час перехідного процесу	3,23 с	2,89 с	3,47 с		+	

Висновки: Визначено двох наших потенційних конкурентів, наведених в табл. 3.1.2 і проведено аналіз слабких і сильних сторін у порівнянні з конкурентами. Як видно з таблиці проект має слабку сторону у величині похибки регулювання, нейтральні сторони зміщення за амплітудою та час перехідного процесу, проте має переваги у запасі стійкості та вартості дослідження [46].

### 3.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах технології мною було проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Насамперед це буде передбачати аналіз таких складових:

- Технологію за якою буде виготовлено товар.
- Існування таких технологій.
- Доступність цих технологій.

В табл. 3.2.1 проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Табл. 3.2.1 Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Синтез безконтактної інтелектуальної системи керування дистанційно керованим літальним апаратом	Отримання динамічних рівнянь об'єкта керування	Наявні	Доступна
	Синтез структурної схеми керування об'єктом	Наявні	Доступна
	Моделювання системи керування за допомогою програми	Наявні	Доступна
	Перевірка системи при різних режимах роботи	Наявні	Доступна

Висновки: За табл. 3.2.1. обрана технологія синтезу безконтактної інтелектуальної системи керування саме в програмному середовищі, це є менш затратним, ніж синтез за допомогою реальних дослідів, а також можливість адаптувати систему керування під будь-який літальний апарат, з урахування його особливостей. Технології для реалізації системи керування доступні та наявні [46].

### 3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна використати під час впровадження проекту табл. 3.3.1, ринкові загрози, які можуть негативно вплинути на реалізацію проекту. Це дозволяє правильно спланувати напрямки розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку табл. 3.3.1 [46].

Таблиця 3.3.1 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	7000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Конкуренція, та сертифікація у військовій сфері
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують якщо розглядати військову сферу,
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	35%

Висновки: Привабливість ринку для входження очевидна, через високу рентабельність та загальний обсяг продаж. Існують обмеження пов'язані з військовою сферою, де потрібно виконання специфічних умов стандартизації та сертифікації. Оптимальна конкуренція у кількості п'яти головних гравців.

Висока рентабельність у галузі.

Для отримання чіткішого представлення ситуації на ринку визначимо потенційні групи клієнтів (табл. 3.3.2), їхні характеристики, та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи [46]:

Табл. 3.3.2 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Синтез безконтактної інтелектуальної системи керування безпілотним літальним апаратом	Використання на військових апаратах, у навчанні та журналістиці	Для військових апаратів керованість системи. Для навчання зменшення затрат при розробці апарату. Для журналістики, полегшення керованості та розширення функціоналу	Керованість, точність, надійність, адаптивність, швидкість відпрацювання

Висновки: Визначено основні цільові аудиторії військова, навчальна, журналістика та їх головні особливості, відмінності між вимогами до системи

керування для різних груп аудиторії. Також визначено основні вимоги до системи керування (товару) це керованість, точність, надійність, адаптивність, швидкість відпрацювання.

Надалі складемо таблицю факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 3.3.3--3.3.4). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості [46].

Табл. 3.3.3 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зріст конкуренції	Поява конкурентно-спроможних фірм	Покращення характеристик системи керування
2	Програмне забезпечення системи керування	Поява кращого програмного забезпечення для дослідження	Вдосконалення свого програмного забезпечення
3	Технології	Неможливість конструктивно внести зміни до апарату	Індивідуальне рішення для кожного з типів апарату
4	Якість	Невдоволення якістю системи керування	Покращення системи до рівня необхідного користувачу
5	Зміни у сертифікації	Зміна стандартів сертифікацій	Затрати для того, щоб сертифікувати продукт, для подальшого використання

Висновки: У таблиці 3.3.3 описані основні види загроз, одною із

найбільш імовірною обрано зріст конкуренції, але завчасно покращивши характеристики системи керування даної загрози можливо уникнути. Інші загрози також є дуже важливими і потрібно їх враховувати, тому що їх наслідками може бути відмова використання синтезованої інтелектуальної системи безконтактного керування.

Поряд з загрозами існують і можливості, які наведені в табл. 3.3.4.

Табл. 3.3.4 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту	Збільшення фірм, які будуть використовувати саме нашу систему керування	Підвищення різноманітності системи для різних типів літальних апаратів
2	Необхідність модифікацій	Потреба в спеціальних можливостях системи	Розширення функціоналу системи, режимів роботи
3	Нові групи клієнтів	Поява нових покупців системи керування	Проаналізувати потреби нових покупців
4	Потреба збільшення стійкості	Підвищення стійкості системи до зовнішніх збурень	Покращення програмного забезпечення, врахування додаткових похибок
5	Дешевше використання програмного продукту	Зменшення витрат на програмне забезпечення для системи керування	Підтримання програмного продукту, для подальшого отримання знижки використання

Висновки: У табл. 3.3.4 приведені основні можливості, основна з яких



це збільшення попиту, адже призведе до збільшення кількості користувачів інтелектуальною безконтактною системою керування, за рахунок цього виникають можливості описані у таблиці. Подальші фактори, можуть призвести до зниження ціни на програмне середовище для створення даної системи керування, а також покращення характеристик самої системи.

Далі проведемо аналіз пропозиції де визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 3.3.5) [46].

Табл. 3.3.5 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку\*

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції: - чиста.	Достатньо невелика конкуренція.	- Можливість швидко проводити вдосконалення, випереджаючи конкурентів - Можливість прогнозування змін на ринку
2. За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний.	Данна продукція користується попитом у всьому світі.	Вихід на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою - міжгалузева.	Продукт використовується в різних галузях, як мирних цілях, так і в військових.	Аналіз зміни потреб для кожної потенційної групи клієнтів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова.	Конкуренція товарів одного виду.	1) Задоволення потреб клієнтів 2) Відповідність ринку

5. За характером конкурентних переваг - цінова.	Варіювання ціни внаслідок вибору користувачем функціональних особливостей	Пошук нових постачальників компонентів, які можуть запропонувати меншу ціну.
6. За інтенсивністю - немарочна.	Конкретного бренду немає, але значення має яка країна та яке підприємство виготовляє продукт	Залежить від якості продукту.

\*Висновки: Проаналізовано основні риси конкуренції на ринку, їх вплив на діяльність підприємства, а також можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною. Визначено, що конкуренція у галузі є невеликою, і вона існує між товарами одного виду, є можливості виходу на міжнародний ринок, використання товару можливі у різноманітних сферах, а довіра до товару будується за рахунок якості продукту, адже підприємств які можуть виготовляти даний товар не так і багато [46].

Після проведення аналізу конкуренції проводиться аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю М. Портера) (табл. 3.3.6).

Таблиця 3.3.6 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	«ЛЕСИ» «Луч»	«Радар» «Арсенал»	«ЛЕСИ»	Військова промисловість; Журналістика	Синтез іншої системи керування

Висновки	Конкуренція є, але не досить значна	Є можливість виходу на ринок. Існування потенційних конкурентів	Постачальник не диктує умови роботи на ринку, адже програмне середовище доступну для всіх	Клієнти можуть диктувати свої умови тільки при необхідності сертифікації системи	Обмеження не буде, через те, що інша синтезована система, може бути не адаптивною і не стійкою
----------	-------------------------------------	---	---	--	--

Висновки: Проаналізувавши, можна сказати з оглядом на конкуренцію, на ринку можна працювати. Конкуренція не велика. Постачальник не може диктувати умови на ринку, адже вони для всіх будуть однакові, і можуть бути змінені тільки, як виключення. Можливі специфічні умову, в деяких галузях. Замінники, не зможуть в повній мірі задовольнити потреби, які необхідні від системи. Замінники не зможуть повністю відтворити усі показники інтелектуальної системи безконтактного керування. Для сертифікації, система має мати сильні сторони, а саме: надійність, стійкість, адаптивність режимів роботи, а також врахування особливостей для кожного типу літального апарату.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в табл. 3.3.6, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту табл. 3.1.2, вимог споживачів до товару (табл. 3.3.2) та факторів маркетингового середовища табл. 3.3.3-3.3.4) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності табл. 3.3.7 [46].

Таблиця 3.3.7 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Стійкість	Забезпечення стійкості системи з великим запасом
2	Адаптивність	Використання системи за різних режимів роботи
3	Програмне забезпечення	Доступність програмного забезпечення, без додаткових витрат
4	Надійність	Робота системи керування при різних зовнішніх факторах
5	Сертифікованість	При потребі користувачів, отримання сертифікатів, через відповідність стандартам

Висновки: Як видно з таблиці наведеної вище, основні фактори конкурентоспроможності стійкість, адаптивність, програмне забезпечення, надійність та сертифікованість, також присутні обґрунтування, які визначають сильні сторони інтелектуальної системи безконтактного керування, а також користь для потенційного користувача.

За визначеними факторами конкурентоспроможності табл. (3.3.8) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту табл. 3.3.9

Табл. 3.3.9 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моєю розробкою						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Стійкість	15	+						
2	Адаптивність	18			+				
3	Програмне забезпечення	16				+			
4	Надійність	19						+	
5.	Сертифікованість	17				+			

Висновки: Отже, порівнюючи систему з конкурентною були визначені такі сильні сторони: стійкість, адаптивність та програмному забезпеченні. Слабкою стороною являється надійність та сертифікованість. Очевидно, що система конкурентоспроможна існуючим аналогам. Основні переваги у стійкості та адаптивності системи до різних зовнішніх факторів та особливостей літального апарату.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу табл. 3.3.10.

Табл. 34.3.10 SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>3) Висока адаптивність системи до зовнішніх факторів</p> <p>4) Висока стійкість системи</p> <p>5) Система відповідає стандартам, для подальшого проходження сертифікації</p> <p>6) Застосування у різних сферах, такі як військова, навчальна та журналістика</p> <p>7) Простота використання програмного забезпечення</p>	<p>Слабкі сторони</p> <p>1. Можлива нижча надійність системи, через відсутність реальних досліджень.</p> <p>2. Більша похибка регулювання системи.</p>
<p>Можливості:</p> <p>8) Збільшення користувачів системою</p> <p>9) Покращення характеристик системи.</p> <p>10) Зменшення витрат на програмний продукт.</p>	<p>Загрози:</p> <p>1. Можлива незадовільність похибкою регулювання, у порівнянні з конкурентами.</p> <p>2. Відмова користування, через неперевіреність надійності системи.</p>

Висновки: Провівши SWOT-аналіз, визначені можливі загрози та можливості, вони передбачаються сильними та слабкими сторонами проекту. Загрози присутні, це викликано тим, що система досить нова і не перевірена на надійність при реальних експериментах, але більша увага була приділена адаптивності та стійкості системи [46].

Далі за SWOT-аналізом розробимо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок. І визначимо оптимальні строки реалізації табл. 3.3.11.

Табл. 3.3.11 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Імовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Покращення програмної реалізації системи	Висока	1 міс.
2	Отримання експериментальних досліджень системи	Середня	6 міс.

Висновки: Провівши аналіз обираємо альтернативу – покращення програмної реалізації системи, через високу імовірність отримання ресурсів, а також малий строк реалізації. Друга альтернатива програє у ймовірності отримання ресурсів, а також часу реалізації [46].

### 3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів табл. 3.4.1.

Табл. 3.4.1 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Військова сфера	Середня	Високий	Середня інтенсивність	Середня складність
2.	Навчальна сфера	Середня	Середній	Інтенсивна	Низька складність
3.	Журналістика	Висока	Високий	Не інтенсивна	Середня складність
Які цільові групи обрано: Військова промисловість, журналістика.					

Висновки: Провівши опис цільових груп потенційних клієнтів, а також готовність споживачів прийняти продукт, простоту входу та інтенсивність. Цільові групи, які були обрані це військова промисловість, та журналістика через високий попит та відносно невелику конкуренцію у сегменті, а також середню простоту входу у сегмент. Обирається стратегія диференційованого маркетингу, через те, що проводиться робота у декількох сферах.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову



стратегію розвитку табл. 3.4.2.

Табл. 3.4.2 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Покращення програмної реалізації системи	Стратегія диференційова но го маркетингу.	11) Використання нового забезпечення 12) Відповідати потребам користувачів	Стратегія диференціації

Висновки: Базову стратегію розвитку було обрано стратегію диференціації, вона передбачає надання відмінних властивостей товару, за вимогою користувача, це робить товар особливим, на відміну від товару конкурентів, за певними властивостями. Більшу увагу буде приділено стійкості та адаптивності системи, а менше до регулювання [46].

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки табл. 3.4.3.

Табл. 3.4.3 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Проект не є першопрохідцем	Так, будуть шукатись нові споживачі, а також забирати існуючих у конкурентів	Копіювання не буде. Продукт може мати схожі методи синтезу, але більш вдосконалені	Стратегія виклику лідера.

Висновки: Як видно з таблиці вище, обрана стратегія конкурентної поведінки – це стратегія виклику лідера. Вона полягає у протистоянні лідеру, через кращий продукт, який може зайняти найвищу позицію на ринку, через кращі характеристик, а також стати найбільш привабливим для клієнта. Проект не являється першопрохідцем, а також характеристики системи не будуть копіюватися, тільки вдосконалюватися.

На основі вимог споживачів до постачальника та до продукту, в залежності від обраних стратегій конкурентної поведінки та базової стратегії розвитку розробляється стратегія позиціонування табл. 3.4.3.

Табл. 3.4.3 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспро можні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформува ти комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Стійкість	Стратегія диференціа ції	Стійкість до зовнішніх факторів	Стійка, високий запас, адаптивність
2	Програмне забезпечення	Стратегія диференціа ції	Застосування найкращого програмного забезпечення	Легкість використання, інтерфейс роботи, доступність.
3	Ціна	Стратегія диференціа ції	Доступна цінова політика	Гнучкість, якість, гарантія

Висновки: Позиція власного проекту, три ключових слова: стійка, адаптивна, якісна. Зроблено це було на основі головних вимог аудиторії до інтелектуальної безконтактної системи керування, ними було обрано: стійкість, програмне забезпечення, ціна. Базова стратегія, яку було обрано це стратегія диференціації.

### 3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач табл. 3.5.1 [46].

Табл. 3.5.1 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Збільшення стійкості системи, адаптивності системи до зовнішніх умов, можливість переключатися між режимами роботи	Система керування має високі показники стійкості, різні режими роботи, а також відносно невелику ціну при використанні	Адаптивність, різноманітність режимів роботи, стабільність програмного забезпечення, цінова політика.

Висновки: З табл. 3.5.1 ми можемо зрозуміти, що є багато переваг для споживача, а саме у стійкості, адаптивності, режимах роботи та адаптивного програмного забезпечення, відносно систем конкурентів. Системи конкурентів, не можуть запропонувати деякі з характеристик системи потенційному клієнту.

Розробимо три рівневу маркетингову модель товару табл. 3.5.2.

Табл. 3.5.2 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Продукт дає можливість безконтактного інтелектуального керування безпілотного літального апарату. Вигідним є адаптивність до зовнішніх умов, а також різноманітність режимів роботи, а також вдосконалення характеристик		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1) Запас стійкості	1. 59,9°	3. Тх
	2) Зміщення амплітуди	2. 0,1°	4. Тх
	3.Час перехідного процесу	3. 3,23 с	5. Тх
	4. Ціна	4. 950 ум.од.	4. Е
	Якість: сертифікати відповідності якості ISO		
	Марка: проект «Інтелектуальна система безконтактного керування безпілотним літальним апаратом»		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: Адаптивний вибір режимів роботи системи при безконтактному керуванні		
	Після продажу: програмне обслуговування, інформаційна підтримка.		
Продукт буде захищено, за допомогою патентування, а також введенням комерційної таємниці на розрахунки та програмну модель.			

Висновки: За результатами таблиці вище, отримали опис трьох рівнів моделі, за якими ми можемо прийти до висновків що до призначення товару, а також проблем які він здатний вирішувати, наведені його основні характеристики, та техніко-економічні властивості. Товар повинен бути захищений за допомогою патентування, а також не розповсюдження комерційної таємниці.

Надалі проведемо визначення цінових меж для встановлення ціни на

потенційний товар табл. 3.5.3.

Табл. 3.5.3 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	900-2000 ум. од.	650 – 3000 ум.од.	11000-19000 ум.од.	Нижня межа: 950 ум.од. Верхня межа: 3500 ум.од.

Висновки: Як видно з таблиці вище, встановлена ціна на товар від 950-3500 ум.од. Така ціна відповідає характеристикам товару, яка запропоновано користувачу і відносно нижча від товару конкурентів. Цін базувалася на затрати синтезу інтелектуальної системи безконтактного керування, програмного забезпечення, а також базуванні її на літальному апараті. Також, показаний рівень доходів цільової групи, але основним споживачем все ж є компанії [46].

Надалі виконаємо визначення оптимальної системи збуту, в межах якої приймається рішення табл. 3.5.4.

Табл. 3.5.4 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Замовлення заздалегідь, з підписанням контракту	Встановлення програмного забезпечення та перевірка реальної роботи	Прямий	Пряма

Висновок: У таблиці вище, найкраще видно, що використовувати прямий канал збуту буде найбільш вигідним через компанії. Це надає змогу контролю ціни у порівнянні з конкурентами, а також використовуючи прямий канал допоможе зосередити дохід в одних руках.

Надалі проведемо розроблення концепції маркетингових комунікацій табл. 3.5.5.

Табл. 3.5.5 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цілових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Отримання товару, який би відповідав специфічним умов роботи	Мобільний зв'язок, інтернет.	Стійка, адаптивна система	Розповсюдження інформації про товар, з ціллю приваблення нових клієнтів потенційних клієнтів	Основне, це повідомлення про більш стійку та адаптивну систему для різних режимів роботи

Висновки: Концепція маркетингової комунікації спрямована на приваблення нових клієнтів, за допомогою широкого спектру рекламних акцій, а також мобільного зв'язку та інтернету, адже вони являються основними каналами комунікації та досягається це шляхом повідомлення, про систему, яка більш стійка та адаптивна для різних режимів роботи



### 3.6. Висновки до розділу

Розробляючи даний стартап-проект мною було виконано етапи, які необхідні для аналізу ринку, конкурентоспроможності, також вибору чітких стратегій для того, щоб далі впровадити стартап-проект на ринок, проведена оцінка ризиків та можливостей, все це було виконано мною для того щоб даний проект став достатньо успішним [46].

При визначенні всіх основних напрямків застосування системи, було виявлено, той факт, що товар має досить великий попит у досить різних сферах, такі сфери, наприклад: військова сфера, навчальна сфера та журналістика. Це забезпечується кращими характеристиками товару по відношенню його до прямих та непрямих конкурентів.

Провівши аналіз усіх ринкових можливостей запуску, мною було виявлено те, що ринок є привабливим для товару і при цьому середній рівень рентабельності у галузі є об'єктивно високим. Було визначено основний ризик для ідеї - це конкуренція, можлива реакція компанії покращення характеристик системи керування дистанційно керованим апаратом. Основна можливість була обрана, як збільшення попиту, що призведе до подальшого збільшення клієнтів, а для забезпечення цього, можлива реакція компанії, збільшення режимів роботи системи. Проводячи аналіз усіх рис конкуренції на ринку, можна сказати, що конкуренція не є досить великою, існують виходи на міжнародний ринок, використання товару повністю можливе у різних сферах. При подальшому аналізі бачимо, що для окремих потенційних клієнтів є специфічні умови, також очевидно те, що товари-замінники не зможуть повністю задовольнити потреби клієнтів. Було розроблено аналіз сильних та слабких сторін, до сильних сторін відносяться стійкість, адаптивність та програмне забезпечення, слабкі сторони – надійність та сертифікованість ідеї.

Була розроблена тривала ринкова стратегія проекту, також цільові

групи, які було обрано – військова сфера, навчальна сфера та журналістика, ще було обрано базову стратегію розвитку – диференціацію. Стратегія конкурентної поведінки – це стратегія лідера. Ключовими словами, що характеризують позицію цього проекту, обрано ці: стійка, адаптивна, якісна.

Далі після розроблення маркетингової програми стартап-проекту, було встановлено межі ціни на товар, які дорівнюють 950-3500 ум. од. Така ціна є цілком обґрунтованою і є повністю привабливою для тих клієнтів, що можуть зацікавитися розробленою системою управління дроном, а також знаходиться на рівні товарів конкурентів [47].

Тобто, з усього цього можна зробити висновок, що розроблений мною проект доцільний для використання і має повне право на життя в умовах існування сучасної конкуренції.

					МД ПІ-81мн.10.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Проаналізована розробка на актуальність унікальність системи, що розробляється. Система є актуальною для використання у військових цілях, для операторської діяльності, для навчання та любительської зйомки.

Було розглянуто різні варіанти дистанційної передачі даних всередині розробленої системи. Обрано оптимальні варіанти зв'язку на відстані та систему визначення місцеположення дистанційно керованих рухомих об'єктів.

Складена математична модель та структурна схема керування кутом курсу апарату тощо, проведено моделювання роботи інтелектуальної системи керування рухомими об'єктами та написано програмне забезпечення, завдяки якому і працює дана система.

Розроблена інтелектуальна система керування рухомими об'єктами відрізняється швидкодією та необхідністю достатньо малих потужностей для розрахунків, не має необхідності у довготривалому машинному навчанні.

Керування системою реалізовано на інтуїтивному рівні.

Алгоритм можливо підлаштовувати під інші типи дистанційно керованих апаратів з мінімальними втручаннями до програмного забезпечення.

Розроблений стартап-проект за темою інтелектуальна система керування рухомими об'єктами, а саме керування квадрокоптером за допомогою жестів рук, та, в перспективі, інших жестів та голосу.

## ДЖЕРЕЛА

1. Тенденції розвитку дронів [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://3dnews.ru/963583>
2. GSM – Енциклопедія Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GSM>
3. Б. К. Леонтьев. GPS: Все то, что Вы хотели бы знать, и боялись спросить [Текст]: монографія / Б. К. Леонтьев. – М.: Бук-Пресс, 2006. – 70 с.
4. Что такое GSM - энциклопедия lanmarket.ua – LanMarket ТМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/besprovodnye-tekhnologii/gsm.html>
5. Как устроена сеть сотовой связи GSM/UMTS – Habr [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/82757/>
6. ZigBee – Енциклопедія Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
7. И. Шахнович. Современные технологии беспроводной связи [Текст]: монографія / И. Шахнович. – М.: Дрофа, 2006. – 235 с.
8. Беспроводные технологии связи «интернета вещей» / Блог Unwired Devices / Хабр [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/unwds/blog/389303/>
9. Сети связи ZigBee. Как и зачем? / Хабр [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/155037/>
10. 6LoWPAN против ZigBee | блог IoT в России [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/efo/blog/281048/>
11. Беспроводные сети технологии ZigBee. Часть 1 / Компания ЭФО / Хабр [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://r-iot.org/2016/05/15/6lowpan-vs-zigbee/>
12. Исследуем 6LoWPAN сети [Електронний ресурс]. – Режим

доступу: <https://www.compel.ru/lib/ne/2015/11/5-raskryivaem-taynyi-6lowpan>

13. Галилео (спутниковая система навигации) — Википедия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%BE\\_\(%D1%81%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0\\_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%BE_(%D1%81%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8))

14. ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА ГАЛИЛЕО — ГЛОНАСС ИАЦ [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <https://glonass-iac.ru/guide/gnss/galileo.php>

15. Система управления мини-дирижаблем — Хабр [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/234609/>

16. R. Tyrrell Variational Analysis / R. Tyrrell // Springer-Verlag [Текст]: 2005. № 17. — Р. 117

17. Дж. Стокман Компьютерное зрение / Дж. Стокман, Л. Шапиро [Текст]: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 36 с

18. Munkres Topology / Munkres, James //. Prentice Hall. — 1999. — Р. 280–281.

19. Яременко, К.Н. розпізнавання жестів руки [Текст]: стаття / К.Н. Яременко // Международный научный журнал // Технические науки // № 6, т. 2, 2016 с. 57-59

20. В. Э. Нагапетян, В. М. Хачумов [Текст]: стаття / Распознавание жестов руки при бесконтактном управлении беспилотным летательным аппаратом // АВТОМЕТРИЯ. 2015. Т. 51, № 2 с. 103-108

21. Alfimtsev A., Devyatkov V. Human-computer interaction in games using computer vision techniques // Image Processing: Concepts, Methodologies,

Tools, Applications. Hershey: IGI Global, 2011. Ch. 10.

22. Shotton J., Fitzgibbon A., Cook M. et al. Real-time human pose recognition in parts from single depth images // Proc. CVPR'11. IEEE, 2011.

23. Freeman W. T., Anderson D. B., Beardsley P. et al. Computer vision for interactive computer graphics // IEEE. Comput. Graph. Appl. 1998. 18, N 3.

24. Роженцов А. А., Морозовский К. В., Баев А. А. Модифицированное обобщённое преобразование Хафа для обработки трёхмерных изображений с неизвестными параметрами вращения и масштабирования // Автометрия. 2013. 49, № 2. С. 30–41.

25. Белоконь С. А., Золотухин Ю. Н., Котов К. Ю. и др. Использование фильтра Калмана в системе управления траекторным движением квадрокоптера // Автометрия. 2013. 49, № 6. С. 14–24.

26. Manresa C. "Hand tracking and gesture recognition for human-computer interaction". Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis. № 5(3). 2005. P. 96-104.

27. О.Ю. Ломакіна Аналіз роботи систем розпізнавання жестів [Текст]: стаття / Ломакіна О.Ю. // «Штучний інтелект» 4'2011 с. 193-202

28. Попов Н. И., Емельянова О. В., Яцун С. Ф. Моделирование динамики полета квадрокоптера // Вестник ВИ ГПС МЧС России. 2014. №4

29. Мельниченко А. С., Шель В. А., Кирильчик С. В. Анализ возможностей моделирования и применение регуляторов для управления квадрокоптером // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. №2 с. 163

30. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів: Методичні рекомендації до виконання розрахункових а контрольних робіт / Уклад. С. М. Перегудов, М. В. Зінченко. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 56 с.

31. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Под ред. Б. С. Алёшина, К. К. Веремеенко, А.

И. Черноморского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 424 с. - ISBN 5-9221-0735-6.

32. Пшихопов В.Х. Устройство позиционно-траекторного управления мобильным роботом. Патент РФ № 2185279, бюл. № 20 , 2002 г.

33. Громыко В.Д., Санковский Е. А. Самонастраивающиеся системы с моделью. - М.: Энергия, 1974. - 80 с.

34. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы. — М.: Высшая школа, 1980. — 287 с.

35. Соколов Н. И., Рутковский В. Ю., Судзиловский Н. В. Адаптивные системы автоматического управления летательными аппаратами. — М.:Машиностроение, 1988. — 208 с.

36. Фомин В.Н., Фрадков А. Л., Якубович В. А. Адаптивное управление динамическими объектами. - М.: Наука, 1981, 447 с.

37. Громыко В.Д., Санковский Е. А. Самонастраивающиеся системы с моделью. — М.: Энергия, 1974. — 80 с.

38. Крутько П.Д. Алгоритмы адаптивного управления исполнительными системами манипуляторов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. — 1988. — №4. — С. 3-13.

39. Баландин Д.В., Коган М.М. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств. - Нижний Новгород: НГУ, 2006. — 93 с.

40. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н. Д. Егупова. — М.: Изд - МГТУ им. Баумана, 2002. — 743 с.

41. Пятницкий Е. С. Синтез управления манипуляционными роботами на принципе декомпозиции Изв. АН СССР. Техн. кибернетика 1987 3. с. 92-99

42. Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой. / М.: Мир, 1985. 287 с.

43. Козлов В. В. Динамика управления роботами / В. В. Козлов — М.: Наука, 1984. — 336 с.

44. Пятницкий Е. С. Синтез иерархических систем управления механическими и электромеханическими объектами на принципе декомпозиции. Ч. 1. Автоматика и телематика // 1989. №1. с. 87-98.

45. Пятницкий Е. С. Синтез иерархических систем управления механическими и электромеханическими объектами на принципе декомпозиции. Ч. 2. Автоматика и телематика. 1989. №1. с. 57-71.

46. О. А. Гавриш, К.О. Бояринова, К. О. Копішинська РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТІВ / О. А. Гавриш, К. О. Бояринова, К. О. Копішинська; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 116 с.

47. О. А. Гавриш Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

48. Raspberry Pi 3 Model B+ [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+/>

49. ArduinoBoardProMini / Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>

50. Струтинський В.Б. Методологія наукових досліджень: Підручник / В.Б. Струтинський, А.М. Гуржій. - Житомир: ПП «Рута», 2018. – 581 с.

51. Магістерська дисертація: організація, вимоги до структури, змісту та оформлення [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньо-професійними програмами спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. К. Нікітін, В. М. Зайцев. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,09 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 106 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789>



